114

ANNEE 1972

FACULTE DE MEDECINE

SAINT-ANTOINE

27, rue Chaligny - PARIS 12°

THESE pour le DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'ETAT

par RADJEF Yamina

Née le 16/12/1942 à Paris 14ème

Présentée et soutenue publiquement le :

Titre : Etude critique des méthodes d'appréciation de la fatigue en médecine du Travail.

Président :

Professeur DESOILLE.

ANNEE 1972

FACULTE DE MEDECINE

SAINT-ANTOINE

27, rue Chaligny - PARIS 12°

THESE pour le DOCTORAT EN MEDECINE

Diplôme d'ETAT

par RADJEF Yamina

Née le 16/12/1942 à Paris 14ème

Présentée et soutenue publiquement le :

Titre : Etude critique des méthodes d'appréciation de la fatigue en médecine du Travail.

Président :

Professeur DESOILLE.

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

A mon Maître et Président de thèse,

Monsieur le Professeur DESOILLE,

Directeur de l'Institut d'Hygiène Industrielle
et de Médecine du Travail à la Faculté de Médecine
de Paris (Broussais - Hôtel-Dieu)

qui nous fait le grand honneur d'accepter la
Présidence de cette thèse,

qu'il veuille bien trouver ici le témoignage de
notre profond respect et de notre gratitude.

- Au Docteur ASSOULY,

Médecin-Inspecteur du Travail

Attaché-Assistant à la Faculté de Médecine de Paris
(Broussais - Hôtel-Dieu)

- Au Docteur P. CAZAMIAN,

Professeur à l'Institut des Sciences Sociales
du Travail,

en le remerciant de ses précieux conseils, qui
nous ont guidé dans la réalisation de cette thèse

- A mes professeurs de faculté (St-Antoine)

et à mes professeurs du Lycée de Vannes.

- à mon père, en témoignage de mon affection,

- à mon frère et à son épouse, que je remercie pour sa collaboration à cette thèse,

- à toute ma famille,

- à ma famille d'adoption, Maître A. BENAROUM, sa femme, son fils,

- au Docteur de MONTIS et à ses assistants,

- à tous mes amis,

je dédie ce travail.

UNIVERSITE PARIS VI

FACULTE DE MEDECINE SAINT-ANTOINE

Professeurs titulaires

MM.	ANDRE R.	Hématologie	MM.	HUGELIN A.	Physiologie
	BRISSAUD H.	Pédiatrie		LAPLANE R.	Pédiatrie
	BROCARD R.	Médecine		LE LORIER G.	Obstétrique
	CAROLI J.	Médecine		LOEPER J.	Médecine expérimentale - Immunologie
	CATINAT J.	Cardiologie			
	CERBONNET G.	Chirurgie		LOYGUE J.	Chirurgie
	CHERIGE Ed.	Radiologie		MAROIS M.	Histologie
	CHIGOT P.L.	Chirurgie infantile		MERGER R.	Obstétrique
	CONTAMIN Fr.	Neurologie		MILHAUD G.	Biophysique
	CONTE M.	Médecine		NICK J.	Neurologie
	DAGUET L.	Bactériologie		ORCEL L.	Anatomie pathologique
	DEBRAY J.	Médecine			
	FLABEAU F.	Chirurgie		PERRAULT M.	Médecine
	GERBEAUX J.	Thérapeutique		POLONOVSKI Cl.	Pédiatrie
	GOSSET J.	Chirurgie		POLONOVSKI J.	Biochimie
				RICHET G.	Néphrologie
				WOLFROMM R.	Médecine

Professeurs sans chaire

MM.	BRICOUT F.	Bactério-Virologie	MM.	GOLVAN Y.J.	Parasitologie
				LESTRADET H.	Pédiatrie
	CHALUT J.	Radiologie		PICARD J.	Biochimie
Mme	CHAPUT A.	Stomatologie		ROUX Ch.	Embryologie
MM.	DUHAMEL G.	Hématologie			
	GIRARD F.	Physiologie			

.../..

Maîtres de Conférences

M. AKOUN G.	Médecine	MM. LASFARGUES G.	Pédiatrie
ARDAILLOU R.	Physiologie	LAUGIER A.	Radiologie
BAUX S.	Chirurgie	LEVY V.G.	Médecine
BOURY G.	Chirurgie	MALAFOSSE M.	Chirurgie
CHEYMOL G.	Pharmacologie	MENSCH B.	Biophysique
CHOUARD Cl.	O.R.L.	MERY J.Ph.	Néphrologie
CLOAREC M.	Médecine	Mme MIGNON Fr.	Néphrologie
ne COMBRISSON A.	Hématologie	MM. OPOLON J.	Médecine
M. COSCAS G.	Ophtalmologie	PAQUELIN Fr.	O.R.L.
DAUTRY P.	Chirurgie	PIERON R.	Médecine
DELIGNE P.	Anesthésiologie	PISSARRO B.	Médecine préventive
DOYON D.	Radiologie	POULET J.	Médecine
DRY J.	Médecine	RAMPININCl.	Biochimie
FOUET P.	Thérapeutique	RICHARDET J.M.	Pédiatrie
GAUTIER H.	Physiologie	ROLAND J.	Anatomie pathologique
GRUNER M.	Chirurgie infantile	SALAT J.	Obstétrique
GUILMET Cl.	Anesthésiologie	SALMON Ch.	Hématologie
GUIRAUDON G.	Anatomie	SANTARELLI J.	Obstétrique
HERMAN D.	Médecine	WARGON H.	Médecine expérimentale
HUGUET Cl.	Chirurgie	WEINMANN S.	Biochimie
HUGUIER M.	Chirurgie		

Enseignants Associés

Professeur Associé	MM. BLOCH-MICHEL H.	Rhumatologie
M.C.A. Associé	ELIAKIS Em.	Médecine légale

.../...

Enseignants Contractuels

M.C.A.	M. KIRSCH F.	Physiologie biochimique

Chargés d'Enseignement

. BENOIST	Rhumatologie	MM. DUNET	Endocrinologie
BRUEZIERE	Chirurgie infantile	LOFFREDO	Obstétrique
CRISTOL	Cardiologie	SALOMON	Rhumatologie

Attachés d'Enseignement

. CASASSUS	Cardiologie	MM. HIVET	Chirurgie
COUVREUR	Thérapeutique	MIGNOT	Neurologie
DES LAURIERS	Neurologie	SAUVAN	Cardiologie
GALLOUEDEC	Pneumologie	VANNIER	Pneumologie

INTRODUCTION

A une époque où l'homme peut aller dans le cosmos, où il peut confier à la machine des tâches autrefois irréalisables par "l'homo faber", enfin et surtout où sa vie n'est plus limitée à une éphémère jeunesse : est-il admissible qu'il se laisse dépasser par ce progrès et va-t-il succomber aux lassitudes, à l'épuisemat du surmenage quotidien tant professionnel, qu'extra professionnel. Considérer que la fatigue est inséparable du travail nous semble une solution de facilité insensée. S'il est juste, après un effort sain et normal, de se sentir fatigué, il existe une fatigue anormale, insidieuse, omniprésente qui pèse sur la vie du travailleur, en perturbe sa santé, en réduit ses activités, allant dans certains cas jusqu'à son anéantissement physique et social.

Notre société moderne doit chercher les moyens de la dépister et de l'éviter; c'est là un problème angoissant pour le médecin généraliste, le médecin du travail, le chef d'entreprise, l'économiste, le sociologue, et naturellement aussi, sinon surtout, pour le travailleur lui-même. On comprend alors le nombre important d'études, de recherches consacrées à la question. Mais, dès que l'on désire serrer de près les données ainsi obtenues, force est de s'apercevoir et de leur complexité, et de leur imprécision.

Ce n'est pas UNE fatigue, mais DES FORMES de fatigue qu'il faudra essayer d'étudier dans leurs caractères les plus constants, en abordant, soit l'angle physique, musculaire, sensoriel, cérébral, soit enfin l'angle mental. Nous distinguerons des états objectifs, concrets, "mesurables", des états subjectifs difficilement détectés mais essentiels sur le plan humain tant individuel que collectif.

Le but de la présente étude est d'analyser la qualité des tests employés en médecine du travail.

Pour qu'une telle étude ait quelque signification, elle sera précédée d'un rappel des états de fatigue, qu'ils soient physiologiques et rapidement suivis de récupération par des pauses judicieusement réparties ou bien alors devenus irréversibles et donc pathologiques.

De ces notions élémentaires, exposées dans une première partie dite de "Physio-pathologie", nous pourrons décrire ensuite les différentes techniques d'exploration et de mensuration des diverses traductions des états de fatigue. L'examen de ces épreuves utilisées dans le cadre expérimental du laboratoire ou pratiquement sur les lieux de travail, constituera notre seconde partie.

.../...

Enfin, une troisième partie consacrée à des travaux récents, effectués en milieu minier, pourra en quelque sorte confirmer qu'il existe bien des épreuves applicables à la médecine du travail lorsqu'il s'agit d'explor ation de la charge physique. Mais nous pourrons, en revanche, déplorer notre ignorance et notre incompétence actuelles quant à l'évaluation de la charge mentale.

Avant d'entrer dans le vif de notre sujet, nous voudrions rappeler rapidement les étapes parcourues ces dernières décennies, car le concept de fatigue en médecine du travail est de date relativement récente. Ce bref "historique" nous permettra alors de rappeler quelques-unes des définitions proposées pour ce terme de "fatigue".

Il a fallu l'essor industriel du début du XXème siècle pour que se pose le problème d'une organisation scientifique du travail : à vrai dire, d'abord dans le but d'une amélioration du rendement : TAYLOR, SCOTT et GILBERTH, FAYOL et LE CHATELIER, en France, STAKHANOW en URSS, furent, dans leurs pays respectifs, des pionniers. L'américain TAYLOR eut le mérite de considérer, pour la première fois, le facteur humain; mais ce n'est vraiment qu'au cours de la première guerre mondiale que ce facteur humain fut pris en considération avec appel à la physiologie, la bio-typologie, la psychotechnique, l'hygiène du travail. On arriva ainsi à admettre que l'homme restait le principal facteur de production et qu'il fallait donc le ménager. Ainsi naquirent les méthodes modernes d'organisation scientifique du travail : système des standards de temps et de mouvements - QSK-, méthode de travail et mesure des temps -MTM-, Bureau des Temps Elémentaires -BTE-, Puis, lors de la deuxième guerre mondiale, apparut la nécessité des relations entre l'homme et son travail : Human Engineering, Ergonomic Research Society des Britanniques. Survient enfin, dans toute son ampleur, l'automation et "le conflit social industriel" obligeant le médecin à remplir, à côté de sa vocation initiale, "une mission d'hygiéniste et d'ergonome", -P. CAZAMIAN-.

Dès 1890, avec MOSSO, la notion de fatigue professionnelle apparaît puis se complète des travaux des physiologistes et des psychologues du comportement, pour ne citer que certains noms : HENRY et IOTEYKO, AMAR, ATZLER, WALTHER, FRIEDMANN, LEHMANN, SOMONSON, BROUHA, DHERS, etc...

Après la dernière guerre, de nouvelles tendances ne conservent que le critère objectif, ainsi BARTLETT - 1953 - parle de "détérioration de l'activité". SCHERRER - 1967 - précise que cette fatigue objective "pourra fort bien ne pas comporter la sensation de fatigue". Quant aux psychologues BARTLEY et CHUTE, ils estiment que les données objectives

.../...

sont "incapables d'expliquer le caractère commun et dominant de toutes les formes de fatigue, à savoir le complexe de sensations proprio et intéroceptives désagréables, la transformation des attitudes psychiques et la chute de la motivation". Ainsi ne pourrait-on pas distinguer deux fatigues, l'une musculaire, physiologique, l'autre mentale psychologique ?

EDHOHM (1957) dit : "Ces deux fatigues sont si différentes qu'on peut regretter que le même terme s'applique à l'une et à l'autre".

En 1968, SCHMIDTKE donne une définition plus additive que synthétique, mais qui nous apparaît actuellement satisfaisante : "LA FATIGUE SE PRESENTE COMME UN PHENOMENE CONSECUTIF A UNE SOLLICITATION PREALABLE; ELLE A POUR EFFET UNE DIMINUTION REVERSIBLE DES PERFORMANCES ET DES FONCTIONS; ELLE INFLUE SUR LA COMBINAISON ORGANIQUE DES FONCTIONS; ELLE S'ACCOMPAGNE D'UNE DIMINUTION DE LA SATISFACTION DANS LE TRAVAIL ET D'UNE AUGMENTATION DE LA SENSATION D'EFFORT; ELLE PEUT ENFIN CONDUIRE A UNE PERTURBATION DE L'HARMONIE FONCTIONNELLE DE LA PERSONNALITE". Il reconnaît donc que la fatigue est UNE, même si, pour des raisons opérationnelles, on doit en analyser séparément les différents symptômes; c'est ce que nous allons tenter de faire.

LA FATIGUE OBJECTIVE : baisse de la capacité de travail, consécutive par exemple à un effort musculaire prolongé, se traduit par une diminution de la force de contraction, donc mesurable par l'ergographe de MOSSO - cet appareil permet la mesure du travail et la fatigue du muscle fléchisseur du médius de la main, avec enregistrement des contractions musculaires et réalisation d'un diagramme, la courbe caractéristique de la fatigue a été établie et admise, appliquée à des états d'importance croissante : fatigue-lassitude, fatigue-surmenage, fatigue-épuisement, fatigue-forçage et impotence motrice absolue.

LA FATIGUE PHYSIOLOGIQUE : s'exprimant par des modifications tissulaires et organiques à distinguer des états pathologiques.

LA FATIGUE SUBJECTIVE : variable d'un cas à un autre, mais dominée par une sensation de lassitude avec, au maximum, incoordination psycho-motrice et désorganisation de l'idéation.

Mais ces trois aspects sont imbriqués et font apparaître d'emblée les difficultés d'établir des tests faciles et valables. Par ailleurs, le polymorphisme du travail et le polymorphisme des individualités plus ou moins résistantes, plus ou moins entraînées, sont d'une importance telle que le

.../...

rôle du médecin du travail au cours de l'examen d'embauche, puis lors des visites périodiques, sa connaissance des postes de travail et l'ambiance, nous apparaissent fondamentaux. La clinique et la physiologie figurent donc en bonne place à côté des tests et ce sont celles-là qui apporteront un sens aux résultats obtenus.

Tout en étant convaincus de l'importance et de l'utilité des tests quant à l'appréciation de "la charge physique" dont nous nous sommes faits les témoins, grâce à la série d'examens communiquée au troisième chapitre de cette étude, nous pensons, avec nos maîtres, que "la charge mentale" pose des problèmes qui se trouvent loin d'être résolus. Elle remet en cause notre civilisation industrielle et va obliger les hommes à repenser leur cadre et leur mode de vie.

Première Partie : ETUDE PHYSIOPATHOLOGIQUE DE LA FATIGUE

On pourra distinguer les fatigues spécifiques, assez bien définies, en sachant qu'elles ne sont que des données particulières du concept général et unitaire de fatigue. Ainsi, qu'elles soient physiques, musculaires, sensorielles, cérébrales; ou bien intellectuelles, psychologiques, mentales, n'est pas suffisant. Il est indispensable, encore, de préciser si la fatigue est due à un effort rapide et intense, tel qu'on l'observe surtout en médecine sportive, ou si la fatigue est imprégnée sur l'organisme par un effort même moyen mais prolongé et surtout quotidiennement renouvelé : c'est la fatigue professionnelle, qui seule nous intéresse ici. Mais, même en ne considérant que cette catégorie, la fatigue est encore très polymorphe. Elle va dépendre encore des conditions matérielles et psychiques dans lesquelles se fait le travail et des facteurs individuels qui font que pour une même somme de travail le retentissement varie largement d'un sujet à l'autre.

On a cherché à établir une classification des métiers, d'après les dépenses d'énergie qu'ils exigent. RUBNER, en calculant les dépenses énergétiques, considère qu'un travailleur de force dépense plus qu'un employé de bureau, mais que l'accomplissement d'un acte professionnel ne se résume pas uniquement en un travail musculaire : sur le plan de la fatigue, il faut ajouter les répercussions nerveuses que toute activité professionnelle est capable de provoquer. Pour MYERS, l'activité musculaire elle-même présente deux aspects différents : dans un premier cas, la contraction est soudaine, avec consommation énergétique intense, production de déchets toxiques, dégagement de chaleur. C'est une contraction "clonique", correspondant au travail de force, mesurable par l'ergographe; dans un second cas, l'activité musculaire correspond au tonus lié à l'orientation générale de l'organisme. C'est, selon VERNON, un facteur "d'ordre et d'équilibre"; les dépenses énergétiques sont minimes, difficiles à mesurer. Selon les psychotechniciens britanniques, les centres nerveux supérieurs et inférieurs maintiennent par inhibition une réserve de force musculaire. Dès qu'apparaît la fatigue des centres supérieurs, le contrôle se relâche avec augmentation du travail musculaire, baisse de la coordination. En cas de travail prolongé, monotone, le travailleur devra maintenir constante son attitude mentale, en rejetant les impulsions nerveuses susceptibles d'entrer en conflit. Plus l'énergie utilisée à ces inhibitions est importante, plus la fatigue apparaît, car l'intérêt au travail décroit.

.../...

Dans l'industrie, où trop souvent le travailleur joue le rôle d'un automate, sans intérêt, l'organisme se base sur les réflexes d'économie de la dépense pour le défendre : la difficulté vient de ce que l'apparition de ces réflexes varie d'un individu à l'autre, et surtout suivant les circonstances. MYERS écrit que "la douleur et la sensation de gêne sont certainement très efficaces pour inhiber la prolongation de l'activité; mais elles ne sont qu'une protection. Si l'on n'en tient pas compte ou si ces sensations s'émoussent, la prolongation de l'activité devient possible. Et même l'augmentation de l'intérêt, l'excitation, l'influence de l'émotion ou de la suggestion peuvent, soit empêcher les manifestations de la fatigue, soit provoquer la reviviscence de l'activité mentale et musculaire".

Le premier type de travail musculaire, avec effort brusque du muscle, est illustré par le bûcheron; mais le second type d'activité musculaire avec diminution du tonus, incoordination des gestes, diminution dans l'intérêt de poursuivre sa tâche, sensation de lassitude, d'ennui, besoin de s'arrêter, cette forme de fatigue est celle qui correspond le mieux à ce que l'on observe chez le travailleur en général.

En effet, tous les métiers, surtout ceux qui sont automatisés ou mécanisés, demandent des efforts d'attention, de coordination. On arrive ainsi à ce paradoxe qu'un travail musculaire allégé par la machine, énergiquement peu coûteux, mais exigeant une dépense d'activité mentale, est plus fatigant qu'un travail de force. C'est pourquoi le problème de la fatigue uniquement musculaire bien connu nous apparaît dépassé, alors que la fatigue mentale "fatigue de civilisation" est loin d'être résolue.

De toute façon, quelle que soit la fatigue professionnelle, sont à prendre en considération <u>des causes exogènes</u> concrètes dont l'amélioration peut amener une diminution de la fatigue :

- ainsi, de mauvaises conditions dans l'organisation du travail, sa durée, son rythme, son intensité, la répartition des horaires et des pauses, le caractère ininterrompu d'une tâche donnée, étant plus nuisibles que la durée totale du travail;

- des postes de travail mal conçus, des attitudes en position impropres, telle la station debout en position immuable;

- un environnement dont l'atmosphère est polluée, mal ventilée, dont la température est excessive, où l'on respire des fumées et des poussières, des vapeurs nocives, où le bruit excessif, où l'humidité est intolérable, où l'éclairage est défectueux, sont autant d'éléments favorisant ou aggravant l'apparition de la fatigue.

.../...

des causes endogènes : en rapport avec la réceptivité du travailleur vis-à-vis de la fatigue : attitude dynamo-motrice, coefficient de robusticité, valeur musculaire, variables d'un sujet à un autre et modifiant la capacité physique du sujet, ainsi que ses possibilités; mais il faut également faire intervenir un complexe de personnalité, le jeu des réactions motrices, sensorielles, émotives. On peut dire que ce sont les attitudes neuro-psychiques qui conditionnent la réalisation de tout travail, qu'il soit physique ou mental (ce qui, soit dit en passant, rend illusoire la distinction entre travailleurs manuels et travailleurs intellectuels). Entre ces divers processus nerveux, un déséquilibre physiologique existe, à tout instant, normalement corrigé et compensé; on peut dire que tant que le travailleur se sent satisfait de sa tâche, un équilibre favorable peut être maintenu sans grand effort, avec pour conséquence ou pour cause l'inhibition efficace de toutes les attitudes antagonistes. Mais cette inhibition risque de disparaître dès que l'intérêt diminue. Autrefois l'artisan était à la fois exécutant et organisateur de son travail; par cette réunion en lui-même de ces deux rôles, il pouvait réaliser son travail avec efficacité, ainsi que sa raison d'exister. Actuellement, notre société voit l'inadaptation du travailleur, certes par excès de travail, mais surtout par monotonie, insuffisance de sollicitations et de satisfaction; on parle de "conflit social industriel" perçu tout à tour comme un antagonisme de culture - c'est-à-dire une opposition entre l'intelligence opératoire concrète du travailleur et l'intelligence abstraite, symbolique du raisonnement de l'ingénieur - et comme un antagonisme d'intérêt. LA FATIGUE PROFESSIONNELLE dépend donc du travail à accomplir et de la réceptivité de celui qui l'effectue.

Mais une troisième circonstance ne doit pas pour autant être méconnue: l'état de fatigue préalable à tout travail, soit qu'il y ait manque d'entraînement, soit qu'existent des causes de fatigue extra-professionnelle, qui accablent plus particulièrement la femme, mais auxquelles l'homme n'échappe pas non plus : tâches et soucis domestiques, complications familiales, facteurs économiques, chèreté de la vie, crainte du chômage, instabilité politique (MENIEL).

Faute d'un budget suffisant, le travailleur va faire des heures supplémentaires, en dehors souvent de son entreprise, rognant ainsi sur son temps de repos et de loisir. L'abus d'alcool, de tabac, de veillées, la mauvaise alimentation tant quantitative que qualitative, sont également d'importants facteurs de fatigue extra-professionnelle qui, en médecine du travail, ne sauraient être méconnus lors des examens d'embauche et de surveillance. L'état de santé du travailleur est donc une condition absolue dans la tolérance à l'effort, mais la fatigue professionnelle est à elle seule capable d'altérer l'équilibre organique.

.../...

Nous ne citerons que pour mémoire les multiples et décisifs travaux qui, depuis plusieurs décennies et à la suite de REILLY et de SELYE, ont montré qu'un stress, une aggression, physique ou psychique, qu'une inadaptation, étaient susceptibles de provoquer des lésions aussi concrètes qu'un ulcère gastrique. La fatigue professionnelle est dans son genre un stress, aux aspects multiples, physiques et mentaux et d'autant plus nocif qu'il est quotidionnement répété et subjectivement bien toléré pendant un temps plus ou moins long.

L'aboutissement pathologique de la fatigue est le surmenage, qui peut aller jusqu'à exiger la cessation du travail et qui, par ailleurs, conditionne un état favorisant la contraction de véritables maladies, tuberculose en premier lieu, par déclin des réserves de résistance naturelle. Dès 1936, WHITNEY a su établir la mortalité en fonction des professions exercées, avec des taux s'élevant progressivement depuis les ouvriers agricoles jusqu'aux ouvriers d'usine non spécialisés, en passant par les employés de bureau, les travailleurs spécialisés et demi-spécialisés.

Des expériences effectuées chez le Rat soumis à un effort dans une cage d'écureuil, démontrent qu'il perd sa résistance aux agressions microbiennes, toxiniques, toxiques. De même chez le sujet surmené, le taux des antitoxines, des agglutinines, des émolysines, des opsomines, s'abaisse, objectivant ainsi la chute de la résistance spontanée de l'organisme.

*
* *

Avant de passer aux tests, le médecin du travail est alerté par une série de signes et symptômes apparus à l'examen systématique du travailleur. Le fait premier est que toutes les fatigues, tant physiques qu'intellectuelles, ont le même processus de généralisation, de diffusion à tout l'organisme. Il est d'ailleurs difficile, voire impossible, de préciser le moment auquel la fatigue physiologique devient une fatigue pathologique. KAYSER va plus loin en disant que la dissociation entre fatigue et douleur est pratiquement impossible lorsque le travail est statique. Il reste que les manifestations de la fatigue sont communément : asthénie, perte de poids, céphalées, insomnie, symptômes psychiques, troubles cardiovasculaires, troubles digestifs.

L'asthénie peut être assimilée à une pénible sensation de fatigue, apparue aussi bien au réveil qu'en fin de journée. On peut, sur le plan clinique, l'assimiler au surmenage chronique. Le début en est insidieux, progressif, avec évolution vers un fléchissement de l'état général. L'asthénique éprouve une fatigue permanente, une lassitude qui semblent indépendantes du travail réalisé; a fortiori, la fatigue atteint l'épuisement à la suite d'un effort pourtant minime.

.../...

L'amaigrissement sine materia, les céphalées frontales, occipitales, cervicales aussi, les vertiges, sont des expressions de la fatigue due au travail en usine et à la vie actuelle. On verra survenir des troubles mentaux, des psychonévroses, des troubles psychogènes divers, avec hyper-irritabilité, nervosité, anxiété, hyperémotivité, dépression nerveuse, désorganisation de l'idéation; tels sont les aspects divers du surmenage sur le plan psychologique, voire psychopathologique. DHERS décrit chez la femme des crises de larmes sans raison, et même des troubles menstruels, aménorrhée, oligoménorrhée.

Sur le plan pathologique, tous les aspects morbides peuvent être trouvés chez les surmenés : infections chroniques, anémie, urémie, leucémie, diabète, tuberculose, autant d'affections à rechercher devant une fatigue que les conditions de travail et de vie n'expliquent pas. Dans le même ordre d'idées, des états endocriniens : insuffisance surrénale, thyroïdienne, hypophysaire, sexuelle, peuvent eux aussi s'exprimer par de la fatigue irréversible.

*
* *

Nous avons donc vu les causes et les expressions de la fatigue, à connaître et à dépister en médecine du travail. Mais nous voudrions également tenter une approche de la physiologie du mécanisme de la fatigue. Celle-ci demeure physiologique, normale, lorsque l'arrêt de la fonction qui l'a provoquée suffit à rétablir une capacité, un rendement identiques à ceux d'avant le travail. Ce sera par son accumulation que la fatigue deviendra pathologique, par surmenage et dénutrition.

Claude BERNARD d'abord, LAPICQUE ensuite, puis LAUGIER, KAYSER, MEYERHOF, MERTON, ont successivement enrichi nos connaissances sur la physiologie de la fatigue, d'abord au cours de diverses expériences sur le muscle isolé soumis à des chocs répétés : ainsi furent établies une diminution progressive de la contraction musculaire, une diminution de l'élasticité, de la quantité de chaleur dégagée, de l'intensité des courants d'action. Par des expériences, il a été démontré que la fatigue se manifeste plus particulièrement au niveau de la plaque motrice, jonction du nerf et du muscle; que la chronaxie musculaire augmente sous l'influence du travail; qu'il y avait accumulation des métabolites acides tandis que les réserves hydrocarbonées musculaires diminuent, l'acide lactique ne s'accumulant pas; enfin, il y a augmentation de l'urée du muscle et forte hydrolyse des acides créatino-phosphoriques et adényl-pyrophosphoriques. On a donc abandonné la théorie classique toxique, par accumulation de

.../...

l'acide lactique - trouvé diminué au contraire au niveau du muscle du Rat lors d'un travail épuisant (JOKL) - pour envisager un épuisement des substances actives; une perturbation ionique avec apparition du Ca, inhibiteur; des troubles circulatoires (KAYSER), une dépolarisation des fibres musculaires et un épuisement du système contractile. Il est également possible qu'au cours d'une fatigue localisée à un muscle, ou un groupe de muscles, une hyperexcitabilité électrique soit trouvée à distance, par exemple dans le membre contrôlatéral, pourtant au repos.

Tout l'organisme d'ailleurs répond à l'effort au travail : le muscle cardiaque, qui, normalement et malgré une activité continue, ne connaît pas la fatigue, peut cependant, en cas d'effort intense, présenter des accidents, petites défaillances cardiaques rapidement compensées, pseudo-collapsus, coeur hypertrophié, coeur forcé. Selon FABRE et ROUGIER, la fatigue peut entraîner des modifications de l'électrocardiogramme, qui restent physiologiques : diminution de l'amplitude de l'onde P, allongement de l'espace PQ, augmentation d'amplitude de l'onde T, parfois décalage minime du segment ST au-dessus de la ligne iso-électrique; des modifications pathologiques, allongement de la durée QRS, diminution d'amplitude et diphasisme de T, décalage de ST au-dessous de la ligne isoélectrique.

Au cours du travail musculaire, l'activité cardiovasculaire va être modifiée; le débit cardiaque étant une fonction linéaire de l'intensité du travail dépend du volume de l'ondée cardiaque et du nombre des battements du coeur. L'ondée sanguine, au repos de 60-80 cm3, passe à l'effort à 150-200 cm3; le pouls s'accélère, mais aussi des modifications humorales telles que la glycémie et la lactacidémie, dont la montée est brève et le retour à la normale rapide.

Au niveau de la fonction respiratoire, le travail augmente la ventilation, le gaz carbonique alvéolaire diminue, les lactates augmentent, le pH baisse. Pour ce qui est de la consommation d'oxygène, ou bien il n'y a pas d'équilibre entre la consommation effective et le besoin en oxygène, la restitution de la dette se faisant après cessation du travail, ou bien il y a équilibre entre consommation et besoin, et proportionnalité directe entre l'augmentation de la consommation d'oxygène et la quantité de travail fourni.

Un travail musculaire léger ne fait pas varier le Q.R. (quotient respiratoire). Un travail intense entraînant la fatigue fait augmenter le Q.R. Ceci est en rapport avec l'acide lactique responsable de la décomposition des bicarbonates avec baisse de la réserve alcaline, puis métabolisme accru de cet acide lactique.

.../...

Le rein lui-même ne reste pas insensible à la fatigue, qui peut se manifester par une albuminurie passagère, un sédiment, voire une cylindrurie fonctionnelle, une phosphaturie, la présence d'hématies, la baisse du coefficient d'épuration rénale pour l'urée, l'augmentation de la créatinurie et de l'acide urique urinaire, une baisse du rapport P/créatine totale, une baisse du pH urinaire, une excrétion urinaire accrue des 17-cétostéroïdes.

Des modifications endocriniennes apparaissent également dans l'état de fatigue, en particulier l'adrénaline secrétée agit sur le muscle par un effet direct sur l'excitabilité de l'appareil neuromusculaire et par un effet indirect, par amélioration circulatoire. L'adrénalinémie varie en sens inverse de la fatigue; elle est basse dans l'asthénie. L'administration d'adrénaline et de corticostéroïdes rétablit la capacité de travail à sa valeur normale et préviendrait l'apparition de la fatigue.

L'évaluation physiologique globale telle que l'envisage BROUHA permet d'affirmer qu'entre le repos et le travail, diverses constantes se modifient, passant du niveau de repos au niveau d'activité : accélération cardiaque, tension artéricIle, fréquence respiratoire, consommation en oxygène, équilibre thermique, constituants du sang, sécrétion sudorale. Enfin, sur le plan psychophysiologique, la fatigue entraîne la détérioration de la vigilance.

De ce rapide aperçu se dégage la notion d'une extrême complexité de la fatigue, ce qui rend toute classification très délicate. Les diverses formes de fatigue ne sont généralement pas pures, mais imbriquées entre elles. C'est ce que nous allons tenter de montrer, car cette complexité, cette imbrication ont rendu l'établissement et l'interprétation des tests de fatigue très difficiles.

Nous tenterons néanmoins de distinguer et de définir la fatigue musculaire physique, la fatigue sensorielle, la fatigue cérébrale centrale et mentale, les fatigues concrètes et les fatiques subjectives, en ne perdant pas de vue le principe des tests de détection de la fatigue en médecine du travail.

1°) Fatigue musculaire physique, concrète : on peut, avec SCHERRER, la définir comme "une diminution d'activité d'un système vivant excitable... liée au fonctionnement même de ce système ... survenant pour une stimulation adéquate maintenue constante et réversible par le repos". Pourtant, toute diminution d'activité d'un système excitable n'est pas

.../...

nécessairement de la fatigue et, par ailleurs, la fatigue peut précéder la diminution de l'activité. Pour le muscle, SCHERRER distingue une activité locale, portant sur moins du tiers de la masse musculaire globale du sujet, une activité régionale portant sur la part comprise entre le tiers et les deux tiers, une activité générale où plus des deux tiers de la masse musculaire en cause sont impliqués dans l'effort.

Mais il existe pour ces trois types des facteurs limitatifs de l'activité musculaire, véritables "goulots d'étranglement" portant sur le système contractile des filaments de myosine et d'actine; sur le système de commande nerveuse; sur le système circulatoire qui apporte les substrats énergétiques et l'oxygène et qui élimine les déchets. On ne peut donc parler de fatigue que pour des tissus excitables sous la dépendance de structures de commande, susceptibles elles-mêmes de leur imposer un régime de crête, par opposition avec un régime de croisière. On peut alors distinguer :

- le travail dynamique, dans lequel la fatigue apparaît lorsque la puissance critique du muscle est dépassée, ce qui se mesure par l'ergographe de MOSSO et plus récemment l'énergamètre de BIDOU, par recherche du seuil d'épuisement;

- le travail statique, qui correspond à la contraction musculaire sans mouvement, forme de travail particulièrement fatigante, et qui, dans l'industrie moderne, remplace de plus en plus le travail dynamique, qui crispe le sujet dans une position immobile. Le travail statique possède donc un caractère pénible et il est très dépendant du contexte psychologique. Enfin, l'irrigation musculaire est mauvaise au cours du travail statique et l'on a pu montrer que la capacité de travail devient très faible si l'on aggrave l'ischémie musculaire par la pose d'un garrot (KAYSER).

Mais il serait contraire à la réalité des faits que de ne considérer dans la fatigue musculaire locale que le processus se déroulant au niveau du système contractile. Il faut évidemment tenir compte du système de commande : système nerveux central d'où part l'impulsion, la fibre nerveuse, assurant la propagation du potentiel, la plaque motrice, potentiel de plaque, membrane de la fibre musculaire, potentiel propagé, d'où part enfin la contraction musculaire, due aux propriétés contractiles des filaments de myosine et d'actine. L'apport énergétique et l'élimination des déchets se font au niveau de l'appareil cardio-respiratoire, qui assure les échanges énergétiques avec le monde extérieur, les vaisseaux musculaires, l'endothélium vasculaire et la membrane cellulaire assurant la diffusion des substances énergétiques et l'évacuation des

.../...

déchets, enfin les substances énergétiques intra-cellulaires fournissant l'énergie du système contractile. C'est dire qu'à tous les niveaux, ce que SCHERRER a appelé des "goulots d'étranglement" peuvent se produire, entraînant l'apparition d'une fatigue musculaire qui peut alors être :

a) une fatigue tissulaire, par perturbation des protéines contractiles, actine et myosine, de la fibre, perturbation également de la fourniture d'énergie nécessaire à leur contraction (adénosine triphosphate); la resynthèse de ces composés fait appel à l'énergie de la glycolyse anaérobie et en partie à la dégradation aérobie des glucides, aux acides gras et aux restes d'acides aminés après désamination. On peut donc considérer qu'il existe un syndrome biochimique local de la fatigue musculaire;

b) une fatigue du système de commande; pour un travail en régime critique, la fréquence des impulsions de 6 par seconde n'apporte pas de fatigue, ni à la fibre nerveuse, ni à la plaque motrice, ni à la membrane de la fibre. Un tonus musculaire à la fréquence de 3 à 6 impulsions/seconde peut être maintenu très longtemps sans fatigue. En régime constant, la fréquence d'impulsions critiques est de 15/seconde.

Mais la fatigue des centres nerveux moteurs ne se répartit pas de façon homogène, le tonus étant assuré par les fibres musculaires pâles, l'activité volontaire par les fibres rouges, ces deux actions dépendant ainsi de motoneurones différents.

c) une fatigue du système d'apport : pour 100 g de muscle, il faut 23 cm3 d'oxygène par minute pour un travail à puissance critique. Apport qui est compromis si la masse musculaire intéressée dépasse les possibilités cardiorespiratoires.

- Donc, pour un travail musculaire local à régime élevé, la fatigue est due en premier à une défaillance périphérique, suivie secondairement par la faillite des centres; à l'inverse, pour un travail musculaire général, la défaillance cardiovasculaire et centrale précède l'épuisement local.

Il ne faut donc admettre la distinction entre fatigue musculaire et fatigue cérébrale qu'avec les plus grandes réserves. Ce n'est que pour la commodité d'expression qu'on envisagera séparément ces fatigues, car si, éventuellement, la fatigue cérébrale et sensorielle peut se produire de façon isolée, sans fatigue musculaire, il ne semble pas que dans la fatigue musculaire une fatigue cérébrale puisse être totalement exclue. Cette intrication peut déjà faire prévoir les difficultés d'obtention de tests satisfaisants pour mesurer la fatigue.

.../...

Si les aspects métaboliques et tissulaires de la fatigue musculaire sont aujourd'hui bien précisés, notre connaissance reste très fragmentaire en ce qui concerne la fatigue cérébrale.

2°) Fatigue sensorielle et fatigue cérébrale :

- Fatigue sensorielle :

Les récepteurs sont soumis en permanence à des stimulations; il en résulte, selon les degrés, soit une adaptation, soit une fatigue, soit une lésion. Parmi les appareils les plus étudiés, deux sont à considérer : la vue qui peut, entre autre, être perturbée au niveau de l'accomodation, par fatigue ciliaire, ou au niveau de l'équilibre oculo-moteur par fatigue de convergence.

- l'audition : on sait l'importance de celle-ci dans l'industrie; deux paramètres définissent cette fatigue : le niveau d'élévation du seuil et le temps de retour du seuil à la normale après arrêt du stimulus.

- Fatigue cérébrale :

Nous nous attarderons sur une théorie de formulation récente parce qu'elle nous apparaît capitale; en effet, mieux que les théories antérieures énergétiques et psychologiques, la théorie neuro-physiologique rend compte de l'ensemble des phénomènes de fatigue. Deux origines sont à considérer : ou bien elle est spécifiquement mentale, liée à l'activité intellectuelle, ou bien elle est une fatigue centrale qui marque le fait que toutes les fatigues périphériques (musculaires, sensorielles) sont des fatigues mixtes qui se relaient au niveau des centres supérieurs d'intégration. L'usure locale diffuse vers les centres, ce qui rend arbitraire la distinction entre fatigue périphérique et fatigue centrale. "Toute fatigue devient rapidement un phénomène global" (BUGARD). Un travail musculaire local s'étend rapidement à un territoire musculaire plus étendu, mettant en branle certaines structures du cerveau moyen et inférieur, en particulier la formation réticulaire qui régule tous les organes de la vie de relation. Cette régulation se traduit, soit par une "activation" des organes (réaction d'éveil), soit par une "désactivation" (sommeil).

Donc, mieux que ne le faisaient les autres théories celle-ci explique le rôle réparateur du sommeil dans la fatigu mentale; le fait que cette fatigue puisse naître aussi bien d'une hypoexcitation du cortex (tâche monotone) que de l'hyper excitabilité de celui-ci (surcharge mentale); les intrications

.../...

complexes des fatigues périphériques et centrale au travers de la formation réticulaire; le poids des facteurs de motivations et des représentations socio-culturelles dans l'apparition du sentiment de fatigue; l'intervention des rythmes d'activation nycthéméraux... donc, le cerveau se fatigue en deux endroits : au niveau du cortex, lieu de l'activité intellectuelle consciente et de la mémoire et au niveau plus profond de la formation réticulaire en relation avec un centre voisin, l'hypothalamus, lieu des instincts, de l'affectivité, de l'inconscient, mais aussi lieu de régulations organiques. Tandis que la fatigue normale, physiologique, entraîne une détérioration passagère qui cède au repos, la fatigue mentale pathologique liée à un déséquilibre permanent de l'appareil régulateur qu'est le couple formation réticulaire-hypothalamus "sème la perturbation dans la sagesse inconsciente du corps". Ce sont les maladies psychosomatiques : coronarite, ulcus gastrique; ou dans "la sagesse consciente de l'esprit" : ce sont les névroses.

Cette intervention de l'hypothalamus conduit CHAUCHARD à inscrire la fatigue dans le contexte plus général "DES MALADIES DE L'ADAPTATION". La fatigue devient la conséquence non de l'effort physique ou intellectuel, mais de "l'effort de vivre". Ainsi, on peut indiquer que c'est la fatigue qui sert d'instrument à cet "art de faire". Elle est le langage proprioceptif du "corps propre" (au sens phénoménologique) qui renseigne à tout instant l'artisan sur la modulation à donner à son action. Elle est selon l'expression de Pierre JANET "une conduite régulatrice de l'activité".

Tout travail sportif ou professionnel comporte de la FATIGUE physiologique réversible par le repos. C'est la "saine fatigue" de celui qui éprouve une joie après avoir vaincu la difficulté. Le drame de la fatigue industrielle est que le langage du corps ne trouve plus son écho et il se transforme en une plainte, en un refus, en une révolte; la fatigue ressentie est devenue "douleur", qu'elle soit lassitude d'une fatigue naissante ou fatigue maladie aux répercussions psychosomatiques ou névrogènes. Cette fatigue dolosive, anormale, apparaît comme le maître symptôme de l'inadaptation. On comprend dans cette optique que, si des anomalies biologiques telles qu'une chute de la glycémie (0,60 g/l) ou des 17-cétostéroïdes urinaires (inf. à 5 mg/24 h) qui sont facilement constatés à la suite de mesures pratiquées notamment chez le sportif, la fatigue n'est évidemment pas proportionnelle à ces facteurs. C'est pourquoi ces "mesures objectives" de la fatigue ne sont guère probantes. On ne peut superposer les données organiques et les données psychologiques obtenues par différents examens et différents tests.

La psychodynamique tente pour sa part la recherche de la signification profonde des facteurs qui limitent le travail et incitent le sujet à l'interrompre, à le refuser (DURAND, de BOUSINGEN, FERNANDEZ-ZOILA, KOUPERNIK).

.../...

D'après ces travaux récents, on considèrera la fatigue comme liée à la représentation du corps dans l'espace, à l'emprise du système de relation sur le monde, au dynamisme instinctuel profond, à l'humeur, à la thymie. Il s'agit ainsi d'une expérience primaire de caractère archaïque et de nature conflictuelle. La fatigue devra ainsi être approchée en profondeur comme un phénomène de régression, un retour à la dépendance, une réminiscence d'expériences infantiles douloureuses, pouvant provenir de n'importe quel sentiment d'insécurité, d'une insatisfaction de besoins primaires ou plus élaborés.

"Chez le travailleur, tout facteur de tension psychologique dans le travail, dans l'entreprise, ou en dehors du travail, qu'il tienne à une modification technologique, à une atteinte au statut professionnel, à une instabilité de l'emploi, ou de la rémunération, à des difficultés dans le ménage, ou avec les enfants, sera ressenti comme une fatigue" (BUGARD).

Sur le plan social également, le "rôle" dans le travail pourra être à l'origine d'une fatigue professionnelle, physiquement injustifiée. On arrive ainsi également à admettre la réalité de pseudo-névroses de situation en médecine du travail, caractérisées par leur persistance, malgré le repos, des troubles du sommeil, des céphalées, une difficulté de concentration, des troubles de la mémoire, une baisse du rendement, des intolérances diverses, au bruit, au milieu familial, mais aussi digestives, respiratoires, des troubles génitaux, dysménorrhée, asthénie sexuelle, baisse de la libido. Il existe dans la fatigue de la pseudo-névrose, un état de catabolisme alors que la réparation de la fatigue est un état anabolique.

Dans les pseudo-névroses de situation, en médecine du travail, le surmenage sensoriel paraît jouer fréquemment un rôle important; mais il existe également des surmenages affectifs, intellectuels, d'inadaptation. Ce sont toutes les autorégulations de protection qui maintiennent notre équilibre et le perturbent. L'épuisement hypothalamique n'est pas un processus spécifique, donc sa traduction clinique n'est pas non plus spécifique d'une agression particulière.

On arrive ainsi à une conception analytique de la fatigue, la psychologie en profondeur démontrant que les sujets à la personnalité mal structurée, pour des causes variables d'ailleurs, éducatives, familiales, sociales, ceux qui n'ont pas su ou pas pu résoudre leurs conflits de base, seront plus particulièrement exposés à la fatigue, faute de pouvoir lutter sur deux fronts, selon l'expression de HELD, "à chaque niveau de conscience correspondent des niveaux de besoin"; on peut alors se demander où se situe la conscience de classe et la place qu'elle peut tenir dans les problèmes de la fatigue.

.../...

L'évolution des techniques, le passage d'une production manuelle à une production mécanisée et automatisée, modifient les caractères de la fatigue, qui cesse d'être une fatigue musculaire pour devenir une fatigue mentale.

Ainsi, on est arrivé à distinguer, assez arbitrairement d'ailleurs, la fatigue musculaire, la fatigue cérébrale, la fatigue sensorielle et la fatigue psychologique, arbitrairement puisque ces divers types se trouvent le plus souvent associés, soit simultanément, soit successivement.

VANBERKEL (1961) tente, pour sa part, un autre groupement, intéressant, puisqu'il sert de base au choix de certains tests.

- La fatigue concrète, qui s'exprime par des signes généraux, tels qu'une perte pondérale, signe d'alarme intéressant mais non suffisant, des modifications de la tension artérielle qui indiquent un danger constitué.

- La fatigue subjective, ou sensation de fatigue dont la stimulation doit être exclue; toutefois, nous l'avons vu plus haut à propos de la fatigue psychologique, il peut y avoir une certaine complaisance de la part du sujet à céder à sa sensation de fatigue, plutôt que de lutter contre elle.

*
* *

Nous résumerons comme suit les causes et facteurs de fatigue en médecine du travail :

Les facteurs physiques relatifs à l'ambiance du travail : température, bruit, vibrations, éclairage, hygrométrie de l'air, pureté de l'atmosphère ou sa pollution.

Les facteurs se rapportant aux conditions physiologiques du travail : rythmes, cadences, durée, horaires, pauses, équipes. L'élément important est en physiologie industrielle de fixer la puissance maximale d'un travail devant être reproduit tous les jours pendant plusieurs années avec le moins de préjudice pour la santé du travailleur. La puissance critique est de 2.000 Kcal/j., soit 4 cal/mn x 8 h.

Ce plafond appliqué en physiologie industrielle peut paraître faible par rapport à celui des performances sportives. Mais on soulignera que, dans le premier cas, le repos permettant la récupération, se situe dans le nyctèmère, alors que, dans le second cas, cette récupération peut s'effectuer sur une durée bien plus longue.

.../...

Les facteurs psychologiques et sociaux : monotonie des tâches, sécurité de l'emploi, promotion, salaire, commandement, tous éléments qui conditionnent l'adaptation de l'homme à son travail.

Les facteurs personnels : caractère propre de chaque individu, soucis, santé physique et mentale, adaptation ou non à un travail déterminé, à un milieu, à un groupe, à la société dans son ensemble.

Les facteurs extérieurs au travailleur et à l'entreprise : conditions de logement, ambiance familiale, durée des déplacements quotidiens, climat social, etc.

Quant à la prévention de la fatigue qui représente un temps essentiel, elle se joue à quatre échelons simultanément :

Prévention légale, assurée par les inspecteurs du travail et de la main-d'oeuvre qui s'attachent à l'application du Code du Travail.

Prévention technique qui tend à humaniser le travail, à l'adapter aux capacités du travail, il s'agit de l'Ergonomie.

Prévention psycho-sociologique

Prévention médicale, enfin, où la visite d'embauche, l'orientation, pourront faire appel aux tests, en sachant bien que le phénomène de fatigue parce qu'il participe simultanément de l'objectif et du vécu ne peut être exploré par des épreuves unidisciplinaires - les tests - mais requiert l'approche multidisciplinaire utilisée en Ergonomie. Ce phénomène doit être analysé sur le terrain, dans les situations réelles du travail par observation et entretiens, voire expérimentation (cf. le dernier chapitre de notre étude); le laboratoire étant incapable à lui seul d'intégrer la constellation des variables individuelles et collectives.

Cette mise au point préalable étant faite, abordons maintenant les tests successifs dans leur description et pour leur critique évaluative, objective.

*
* *

Deuxième Partie : LES TESTS D'APPRECIATION DE LA FATIGUE

La mise en oeuvre des tests ne sera décidée qu'après un examen clinique ayant déjà permis une première estimation de la fatigue du travailleur (COLLIER). Il s'agit en somme de mettre en pratique les examens et explorations courantes en pratique médicale. Un premier bilan d'efficience fonctionnelle relative permettra d'admettre l'état de fatigue, sans encore préjuger de son importance, de sa nature, de ses causes. Nous n'insisterons pas sur ce premier contact qui ne diffère en rien de celui que prend tout médecin vis-à-vis d'un malade venu se plaindre de fatigue : interrogatoire, étude clinique, examen morphologique, exploration des appareils cardio-vasculaire, respiratoire, psychomoteur. Ces renseignements étant enregistrés compte tenu de l'âge, du sexe, du poids, de l'alimentation, du mode de vie et des habitudes du sujet. Naturellement, une attention particulière sera accordée à la recherche des signes cliniques d'un état pathologique susceptible de rendre compte de l'état de fatigue. Des examens de laboratoire, des radiographies, complèteront ces premières investigations.

Abordons maintenant les tests de fatigue proprement dits, nombreux, variés, et de valeur pratique différente.

1°) Tests énergétiques : Grâce aux travaux de nombreux physiologistes, LEHMANN, AMAR, de JONG, ATZLER, MULLER, SPITZER, SCHMIDTKE, ces tests ont été élaborés en se basant sur la constatation d'un équilibre entre la fourniture des matériaux nécessaires à la production de l'énergie, et la consommation de celle-ci. En d'autres termes, il faut établir quelle somme d'énergie évaluée en calories, est nécessaire à la production d'un travail donné. Des normes ont été établies pour certains types de travaux, qui permettent d'évaluer la charge de travail et donc la fatigue qui en résulte.

Toutefois, et nous l'avons dit plus haut, multiples sont les facteurs qui interviennent dans l'apparition de la fatigue, tant concrète que subjective : ce qui donne une certaine imprécision à l'évaluation de la dépense énergétique produite par le travail. Il faudrait associer les études de temps et les mesures d'énergie dépensée pendant la journée, connaître la durée et l'importance des charges de pointe et leur compensation par des charges moins lourdes et par les temps de repos. Mais une telle méthode de mesure de la fatigue est difficile à réaliser dans de bonnes conditions, et ne donne que des résultats approximatifs.

.../...

2°) Tests physiologiques : Différentes mesures sont couramment utilisées, se basant les unes sur les échanges respiratoires, les autres sur les variations cardiovasculaires, d'autres enfin sur la température.

a) Tests respiratoires : La technique classique consiste à mesurer la charge de travail d'après la consommation d'oxygène, en utilisant un sac de DOUGLAS, un spiromètre portatif particulièrement pratique : on mesure ainsi l'énergie dépensée pendant le travail et on compare l'effort exigé par l'emploi de différents outils, de diverses méthodes de travail. L'intérêt principal est de pouvoir ainsi aménager au mieux les postes de travail, de choisir les conditions de travail les plus économiques du point de vue énergétique. C'est la variable privilégiée pour mesurer l'intensité du travail dynamique. Elle est sensible à certaines conditions, climatiques par exemple, d'où son intérêt. Le quotient respiratoire augmente avec la fatigue physique, le retour à la normale étant d'autant plus long que l'état de fatigue était plus prononcé. Le surmenage intervient lorsque la cadence du rythme respiratoire a augmenté de 75% par rapport à la cadence du rythme au repos et lorsqu'elle est encore supérieure de 30% à la normale après un repos de trente minutes.

b) Une autre méthode consiste à utiliser le nombre des pulsations cardiaques comptées directement, au stéthoscope ce qui est simple, ou enregistrée par une cellule photo-électrique fixée au lobe de l'oreille et éclairée à travers le pavillon par une ampoule fixée devant lui. Cette méthode de MULLER et SPITZER se fonde sur l'augmentation de la masse sanguine circulant dans le pavillon du fait des battements cardiaques accrus, ce qui diminue la perméabilité de l'oreille à la lumière émise de l'ampoule. La cellule photo-électrique détecte ces variations, qu'un compteur enregistre, après les avoir amplifiés. C'est la pletysmographie. La méthode française de METZ, qui est celle de JOHANSSON en Suède, enregistre par un électrocardiographe les signaux émis par des électrodes fixées sur la poitrine du sujet. Des dispositifs de télé-transmission peuvent être adjoints au détecteur, ce qui libère le travailleur de toute entrave. Si ces méthodes ont fait leurs preuves en laboratoire et dans certains ateliers d'accès facile, on comprend qu'il n'est est pas toujours ainsi et que des inconvénients liés, soit à l'appareillage, soit au sujet, soit au lieu, ont amené les médecins à renoncer à leur emploi systématique.

La fréquence du pouls augmente avec l'effort; elle ne devrait pas dépasser 140 pulsations/mn. Cette fréquence augmente au cours du travail prolongé même peu intense. En cas de travail en état d'équilibre physiologique, la fréquence du pouls tombe rapidement à la valeur de repos. Mais, si l'état d'équilibre est dépassé, le retour à la normale est beaucoup plus lent, nécessitant jusqu'à une heure pour un effort de 10 à 20 mn.

.../...

Plus intéressante que la fréquence cardiaque au cours du travail est la fréquence cardiaque de récupération envisagée par BROUHA : cette méthode consiste à compter le pouls d'un ouvrier mis au repos assis à la fin d'une opération dont on désire connaître le degré de pénibilité pour son organisme. Le comptage se fait au cours de trois périodes de 30 s. chacune. La première période commence 30 s. après la fin du travail, les deux autres correspondent aux 30 dernières secondes des deuxième et troisième minutes qui suivent la fin du travail. Le nombre de pulsations comptées au cours de la première période est doublé pour donner le pouls de la première minute qu'on désigne par le symbole P_1; on opère de manière analogue pour les pouls des deuxième et troisième minutes, soit P2 et P3. La connaissance de ces valeurs permet de tracer graphiquement la courbe de récupération cardiaque. Les valeurs absolues et les différences entre pouls successifs (indice de la vitesse de récupération) permettent de porter un jugement sur l'intensité des efforts auxquels elles correspondent et sur le caractère excessif de la charge supportée par le travailleur dans le cas où l'on constate une vitesse de récupération anormalement lente. BROUHA considère qu'il y a absence de récupération satisfaisante si P2 - P1 et P3 - P2 sont inférieures à 10 pulsations, P3 restant supérieure à 90 pulsations/mn. Faisant appel à son expérience, il précise qu'on n'observe pas d'accroissement de l'effort cardio-vasculaire, c'est-à-dire pas de fatigue physiologique au cours de la journée de travail quand P1 ne dépasse pas 110 pulsations et quand la décélération cardiaque est supérieure à 10 pulsations/mn. entre la 1ère et la dernière mesure. Cette méthode est rapide et très valable. Nous reverrons dans notre troisième chapitre une variante de cette méthode appliquée dans les mines.

Pour évaluer, avec encore plus de précision, la fatigue, on peut combiner la mesure de la consommation d'oxygène et la fréquence cardiaque, la première indiquant la charge énergétique de base, la seconde les charges de travail supplémentaires. Des réserves s'imposent, cependant, car de nombreux facteurs : émotivité, nervosité, individualité de chaque être humain interviennent et que, par ailleurs, il n'existe pas de valeur 0 comme pour la dette d'02, mais une valeur initiale.

c) L'étude de la tension artérielle, qui augmente selon l'effort fourni par l'organisme, permet le dépistage de la fatigue. MOYNIER, au Centre de Physiologie du Travail, utilise un appareil original permettant la prise automatique de la tension toutes les trente secondes sur un sujet qui travaille; sur les courbes enregistrées, la première oscillation différenciée correspond à la tension artérielle maxima, la dernière à la tension minima. En réunissant les maxima, on obtient la surface représentant la réaction qui correspond à l'effort

fourni et la durée de récupération. Il faut environ une minute pour mesurer la tension artérielle après la cessation du travail. Le chiffre ainsi obtenu ne donne pas la valeur exacte de l'ascension de la tension à l'effort. Les courbes montrent que la tension descend notablement. Le procédé de MOYNIER permet de juger, soit de l'état de fatigue d'un individu, soit de l'effet sur l'homme d'un travail donné; il peut également faire apprécier le temps de récupération après fatigue, par exemple dans des conditions pathologiques, chez un convalescent, un tuberculeux guéri. MOYNIER prévoit une méthode d'enregistrement simultané de la tension artérielle de la vitesse du pouls et de la température du corps, en continu. Ces épreuves physiologiques sont exemptes de truquage. A ces tests basés sur des modifications de l'état de l'organisme, il existe ceux basés sur l'accomplissement d'un acte par le sujet.

3°) Tests musculaires : Divers appareils ont été mis au point dans le but d'enregistrer et de mesurer la fatigue d'un muscle ou d'un groupe de muscles.

I° - La mesure de l'excitabilité neuromusculaire est une intéressante méthode de dépistage de la fatigue, fondée sur le remplacement par des courants électriques d'ordre physiologique - microcoulombs - des influx d'origine cérébrale provoquant la contraction des muscles, ou même d'un seul faisceau musculaire. En faisant varier le temps pendant lequel le courant passe, en modifiant l'intensité de ce courant, on peut établir des courbes intensité-durée donnant la caractéristique du faisceau musculaire étudié. On peut également déceler la fatigue en évaluant d'après ces tracés les troubles ioniques et métaboliques survenant au cours d'efforts exagérés.

MOYNIER, au Centre de Physiologie du Travail, utilise un appareil original appelé rhéotome électronique : c'est un générateur de signaux rectangulaires dont la durée, c'est-à-dire le point de passage au niveau du point moteur d'un muscle, est connue, l'intensité seuil ayant déterminé la réponse musculaire mesurable. Par exemple, pour tracer la courbe intensité-temps d'un muscle jambier antérieur et de son nerf, le sciatique poplité externe, on procédera comme suit : une électrode-plaque reliée à la borne positive du rhéotome est fixée au niveau de la 5ème vertèbre lombaire; l'électrode exploratrice est reliée à la borne négative et placée sur le point moteur du muscle préalablement recherché et marqué au crayon à bille. A l'aide de cette électrode, on recherche pour six temps : 0,1 ms, 0,3 ms, 1 ms, 3 ms, 10 ms et 30 ms, l'intensité-seuil déterminant la réponse du jambier par l'extension du pied. Les intensités trouvées sont reportées sur un graphique gradué en doubles coordonnées logarithmiques pour en réduire la surface : opération simple réalisée en trois minutes environ, à renouveler pour le nerf du jambier, le sciatique poplité externe au bord externe du creux

.../...

poplité, à la hauteur de la tête du péroné, les intensités liminaires étant également reportées sur le graphique, mais avec une couleur différente de celle utilisée pour le muscle : bleu pour ce dernier, rouge pour le nerf. On a ainsi obtenu deux courbes intensité-temps et l'on constate si le tracé est normal, c'est-à-dire inscrit dans les limites des surfaces prévues. On considèrera comme reflétant une hypo-excitabilité toute courbe se situant au-dessus des tracés normaux types, une hyperexcitabilité toute courbe se situant au-dessous. Dans les courbes intensité-temps, trois segments sont à considérer :

le 1° entre 0,1 ms et 1 ms : temps courts;

le 2° entre 1 ms et 10-30 ms, temps moyens;

le 3° entre 10-30 ms et 1.000 ms, temps longs ou rhéobasiques.

Le segment des temps courts exprimant l'excitabilité des éléments moteurs rapides correspond au calcium ionisé cellulaire; le segment des temps moyens est modifié par des apports de magnésium, quant au segment des temps longs, il dépend d'une baisse du capital potassique intra-cellulaire.

La valeur de ce test a été vérifiée par MOYNIER sur plus de 10.000 courbes ainsi réalisées : on peut, par l'analyse des courbes, non seulement étudier la fatigue, mais également sa prophylaxie et sa neutralisation. La méthode est fidèle, ne nécessite ni connaissances spéciales, ni appareillage coûteux. Elle permet,au cours d'un examen rapide, de reconnaître l'aptitude d'un sujet pour un travail même insuffisamment défini. Applicable au niveau périphérique, elle est également utilisable au niveau central, afin de mesurer la fatigue cérébrale. Nous retrouverons cette méthode à propos des tests sensoriels.

II° - Le dynamographe permet de mesurer la force musculaire maximum qui baisse régulièrement au cours du travail, alors que progresse la fatigue. Mais, fait important, au repos la capacité de travail et la force musculaire ne se restaurent pas aussi vite. La seconde pouvant être récupérée sans la première. Donc, le dynamomètre ne permet pas de contrôler la disparition de la fatigue musculaire locale, mais seulement d'apprécier la résistance à l'effort, qu'il s'agisse d'un travail statique ou postural.

III° - L'épreuve sthénométrique est définie par le principe suivant : le sujet doit serrer de toutes ses forces par l'une de ses mains, au choix, une poignée manométrique. On lit et note le chiffre atteint et le plus rapidement possible, on recommence l'épreuve. Il ne s'agit pas d'une recherche

.../...

d'orientation stricte, ni n'objectivité absolue, mais plutôt de l'établissement d'un "profil" comparable à ceux qui sont employés en psychotechnie pour étudier et identifier rapidement les types de réactions individuelles en présence de l'effort répété. VAN BERKEL établit le "sthénogramme" comme suit : sur un papier millimétrique, le nombre représentant la première performance est porté à l'origine d'un système de coordonnées : nombre qui représente la performance initiale. Pour chacun des quatre essais suivants est déterminé un point d'abcisse selon l'ordre des essais effectués; l'ordonnée est déterminée par la différence entre la performance initiale et la performance considérée. Une ligne joint les différents points. Il existe quatre types de sthénogrammes :

1. un type en hyper, tous les points se situant au-dessus de la ligne des abcisses, les valeurs de performances subséquentes étant toutes supérieures à la valeur de la performance initiale (symbole +).

2. un type en iso (symbole =) - les points extrêmes, minimum et maximum, sont séparés par une distance verticale n'excédant pas 3; Catégorie des sujets normaux, bien équilibrés, peu fatigables.

3. un type en hypo (symbole -) : ou bien la courbe s'effondre brusquement pour se stabiliser à un niveau très abaissé. Il s'agit, soit d'une fatigue extrême interdisant toute répétition d'effort, ou d'un sujet en possession d'un minimum de réserves qu'il ne parvient pas à utiliser. Parfois aussi, la courbe, après son effondrement, remonte symétrique jusqu'au niveau initial. Il s'agit d'un sujet qui ne mobilise ses réserves qu'au dernier moment, ou d'un sujet fatigué chez qui intervient une ultime et brusque réaction à la fatigue. Dans tous les cas, ce type en hypo correspond à des sujets, soit fatigués, soit aisément fatigables.

4. un type en hétéro (symbole $\neq$) qui donne des courbes à grandes oscillations, surtout chez des sujets jeunes bien équilibrés, mais "tendus" par un surmenage nerveux professionnel. Il s'agit souvent d'une fatigue réelle, consciente mais surcompensée, aspect hypersthénique de la fatigue. La courbe correspond alors à un aspect de fatigue très voisin de celui qui est identifié avec hypertension artérielle. Très rarement, les irrégularités du tracé peuvent correspondre à un certain déséquilibre psychomoteur.

En définitive, sont symptomatiques de fatigue les types hypo et hétéro, sous réserve des erreurs susceptibles de résulter dans le type hétéro de l'intervention de cas de déséquilibre psychomoteur; par contre, correspondant à une absence de fatigue, les types hyper et surtout iso. Mais il faut retenir que l'épreuve sthénométrique étudie non pas

.../...

purement un élément physiologique ou musculaire, mais également des éléments neuromoteurs et psychiques multiples correspondant au complexe dit "sthénie", ensemble du potentiel d'activité disponible pour un sujet à un moment donné : la méthode sthénométrique est donc justifiée dans l'étude de la fatigue qui est, fondamentalement, une impuissance fonctionnelle.

VAN BERKEL a obtenu les résultats suivants :

a) Sujets notoirement fatigués : 63 dont :

28 hypo 3 hétéro	)	31
14 iso 18 hyper	)	32

Ainsi, chez des sujets notoirement fatigués, le nombre des sthénogrammes sans fatigue dépasse un peu celui des sthénogrammes de fatigue.

b) Corrélation entre épreuve sthénométrique et épreuve de Donaggio : pour 9 Donnagio positifs, on trouve 17 sthénométries (-), 5 (=) et 1 (≠). Si l'on détaille les Donaggio en +, ++ et +++, on constate une corrélation satisfaisante entre les Donaggio +++ qui expriment une fatigue majeure, et une épreuve sthénométrique positive; par contre, cette corrélation est beaucoup moins nette avec les Donaggio négatifs et l'épreuve sthénométrique.

La double épreuve sthénométrique réside dans des essais avant le travail ou lors de la première heure et la fin du travail ou sa dernière heure. La typologie a pu ainsi se montrer soit inchangée, soit changée en passant d'un aspect tonique à un aspect hypotonique, ou inversement. Les résultats globaux montrent que la fatigue quotidienne ne diminue les performances que dans un quart des cas seulement; dans un autre quart, les performances sont aussi bien supérieures qu'inférieures en fin de travail. On peut ainsi estimer, parmi les cas de fatigue, que 53% sont manifestes et 47% inapparentes.

Sur le plan pratique, il faut reconnaître que l'épreuve sthénométrique est d'interprétation assez difficile si l'on cherche à diagnostiquer la fatigue individuelle. Elle rendra par contre des services plus marqués si l'on désire étudier la fatigabilité d'un sujet et ses réactions à un effort répété, d'un point de vue caractérologique.

.../...

IV° - Le plateau à quartz piézo-électrique : nous arrivons ici à une très importante méthode de dépistage de la fatigue, fondée sur le fait que le maintien de l'équilibre malgré l'influence de la pesanteur, n'est pas passif. L'équilibration est un travail qui met en jeu un mécanisme neuro-musculaire dont les réactions, de la périphérie vers les centres nerveux et des centres nerveux vers les muscles, peuvent renseigner sur l'état de fatigue des individus observés : plus un individu est fatigué, plus son équilibration est perturbée. Au Centre de Physiologie du Travail, MOYNIER utilise un détecteur à quartz piézo-électrique captant des phénomènes tels que retentissement sur la pesanteur du sujet des diverses forces mises en jeu par tout déplacement segmentaire de son corps, et intégrées en son centre de gravité; ces phénomènes sont ensuite amplifiés et enregistrés sur papier photographique. Au moindre déplacement, correspond sur les capteurs des trois composantes du mouvement, verticale, antéro-postérieure et transversale, une variation de pression qui entraîne une dérivation du spot de l'oscillographe correspondant, proportionnelle aux forces nécessaires à tout mouvement si petit soit-il, même invisible pour l'observateur. On obtient donc sur la bande de papier photographique trois courbes continues plus ou moins accidentées suivant la stabilité du sujet sur le plateau. La recherche du signe de ROMBERG sur le plateau enregistreur permet de déceler des troubles d'équilibration échappant à la clinique, à l'examen neurologique. On sait qu'il s'agit d'une perte de l'équilibre dès que le sujet ne peut utiliser le contrôle de la vue pour garder son équilibre, ce qui objective un déficit des autres sources de contrôle sensibilité profonde, voies de conduction, etc... Chez des travailleurs assurant quotidiennement leur service, il a été ainsi possible de dépister un cas de delirium tremens évoluant quelques semaines plus tard vers un accident mortel. Chez des sujets apparemment normaux à l'examen clinique, il a été possible de constater des troubles graves de l'équilibration, un éthylisme chronique chez un chauffeur d'automobile responsable d'accidents inexpliqués. Les essais de 4-8 minutes donnent dhez des sujets normaux des courbes identiques; plus le sujet est âgé - ou s'il est éthylique - les courbes seront ondulées d'emblée, avec accentuation des ondulations au fur et à mesure que l'épreuve se prolonge; cela en particulier au-dessus de 60 ans. Chez les sujets jeunes mais fatigués, apparaît un vieillissement des courbes d'enregistrement, rapidement ondulées, accidentées dans les trois composantes : c'est donc l'aspect des courbes chez le vieillard et aussi chez le sujet fatigable. La méthode a pour principal avantage d'éliminer tout facteur subjectif, de rendre impossible tout truquage. Mais son inconvénient est une utilisation en laboratoire et non applicable sur les lieux de travail par le médecin du travail.

.../...

4°) Tests sensoriels : les principaux concernent la vision, et ont pour but de mesurer la fatigue musculaire, nerveuse et psychique : on a en effet établi que l'étendue du champ visuel (campimètre), l'acuité de la vue, la perception des couleurs, diminuent avec la fatigue. Différentes méthodes permettent de rechercher les variations de la fréquence à laquelle les stimulations lumineuses sont perçues comme ininterrompues, dans le test du papillonnement, ou d'apprécier l'acuité stéréoscopique ou l'accomodation visuelle. On peut actuellement retenir deux tests, de valeur d'ailleurs inégale :

Le premier est la modification de la fréquence critique de fusion des lumières papillotantes présentées, soit en vision centrale, soit en vision périphérique. La fatigue diminuerait considérablement la fréquence des fusions, allongerait le temps de récupération de l'appareil oculaire en diminuant la grandeur de la réaction subjective à la lumière. On a décrit un appareillage commode, des mesures faciles à réaliser; mais les résultats obtenus jusqu'ici ne répondent pas aux espoirs fondés sur cette méthode.

Le second concerne l'emploi du visibilimètre du Soviétique TROUKHANOV. Il s'agit de présenter au sujet un objet, tel un anneau de LANDOLT, à travers une glace sans tain inclinée à 45°, dans laquelle se reflète un verre dépoli éclairé avec une intensité variable. Un voile lumineux plus ou moins intense peut donc être superposé à l'image à reconnaître, et c'est la densité du voile permettant encore la discrimination qui est considérée comme l'expression de la visibilité de l'objet. Mais de grandes variations sont apparues dans les réponses d'un même sujet, variations qui sont fonction du travail de discrimination imposé préalablement. Ces variations peuvent être constatées, soit en variant la densité du voile lumineux et en déterminant à quelle valeur le test est visible, soit en déterminant le temps qu'il faut au sujet pour percevoir à nouveau le test à travers le voile : cette dernière méthode étant la plus pratique. DUPOIS POULSEN adopte un contraste de l'anneau de LANDOLT égal à 40% avec son fond, le voile abaissant le contraste à 4%. LEGRAND, BAUMGARDT, utilisent ce test en demandant au sujet de fermer les yeux 30 secondes, puis de les ouvrir et de chercher à situer la brisure de l'anneau qui sert de test. Le temps nécessaire est noté au cours de six épreuves. Après fatigue, on recommence : le temps est nettement allongé. Mais les résultats obtenus sont souvent paradoxaux, incertains, et l'on s'est adressé à des tests plus globaux faisant appel à des perceptions plus intégrées. On a mesuré le temps qui sépare un stimulus sensoriel visuel d'une réponse motrice convenue : appuyer sur un bouton, une pédale, pour accuser la perception d'une lumière, le temps s'allongeant avec la fatigue. Mais l'analyse est rendue peu commode étant donné le nombre de facteurs qui entrent en jeu.

.../...

WESTON a cependant utilisé des tests encore plus larges dans le nombre des processus qu'ils mettent en jeu : les tests de performance, avec listes de signes dont certains sont erronés. Il s'agit de les dépister. Le nombre des dépistages diminue avec la fatigue, mais aussi avec l'inattention, et avec d'autres facteurs. Si un temps est imposé, le test, plus difficile, est plus probant. Ces tests de performance sont considérés comme les meilleurs connus.

En somme, sur le plan visuel, les tests à retenir sont ceux de la fatigue oculaire, de visibilimétrie et les tests de performance de WESTON. Mais les tests physiologiques, pour réaliser une meilleure prévention de la fatigue de l'organe visuel, sont encore bien insuffisants.

Pour l'appareil auditif, la distinction entre fatigue et adaptation est relativement plus facile à établir que pour l'appareil oculaire. KLOTZ (1952), LEMEE et ABOULKER (1953) et même CAUSSE et CHAVASSE (dès 1943), envisagent le rôle de l'intensité, de la durée et de la fréquence du stimulus, mais la fatigue auditive est définie par deux paramètres : le niveau d'élévation du seuil et le temps de retour du seuil à la normale après l'arrêt du stimulus. PEYSER a proposé une méthode pratique pour dépister les sujets sensibles à la fatigue auditive. Les seuils, pour la fréquence 1024, sont recherchés par voie aérienne et par voie osseuse. Puis l'oreille est soumise à un stimulus de 100 dB et de fréquence 1024 pendant 3 mn. Les seuils sont à nouveau cherchés dès la fin de la stimulation, puis après 30 et 60 mn de repos. Suivant les résultats obtenus, les sujets sont répartis en 3 groupes. Quand l'élévation finale du seuil ne dépasse pas 5 dB, le sujet est déclaré normal. Quand elle est comprise entre 5 dB et 10 dB, on doit le surveiller. Quand elle dépasse 10 dB, on le considère comme vulnérable au bruit.

Les autres fatigues sensorielles, gustatives, olfactives, sensitivo-musculaires, n'ont fait l'objet que d'un tout petit nombre de recherches.

L'étude de la fatigue sensorielle est émaillée de difficultés aussi bien pour les physiologistes que pour les physiciens en quête de tests pratiques et fidèles. Plus encore que l'étude de la fatigue musculaire, l'étude de la fatigue sensorielle se heurte au choix suivant : ou bien on s'oriente vers l'étude expérimentale du phénomène et on obtient une forme de fatigue qui n'a que peu de rapport avec la fatigue réelle; ou bien on explore des situations réelles sur les lieux de travail, et le risque est grand de ne pouvoir discerner les facteurs en cause, car la composante psychologique de la fatigue est plus importante au niveau sensoriel qu'au niveau de la motricité. Ainsi, on a pu constater qu'une stimulation nouvelle

.../...

en détournant l'attention suffit à hâter la récupération fonctionnelle de l'appareil sensorielfatigué. Aussi les recherches sur la fatigue nous apparaissent nécessairement orientées dans une triple direction physiologique, psychologique et sociologique.

5°) Tests chimiques : basés sur les modifications chimiques produites dans l'organisme qui sont connues depuis longtemps; ces tests consistent d'une part à étudier les variations du sang : la formule sanguine avant et après le travail, l'accélération de la vitesse de sédimentation, l'augmentation du taux des leucocytes, en particulier la lignée granulocytaire, la viscosité du sang entraînant une diminution du temps de saignement et une plus grande rapidité de la coagulation. On note également une élévation de l'acidité et de la kaliémie, une baisse de l'acide ascorbique sanguin, une hypoglycémie, parfois "critique" et une augmentation de l'adrénaline (mais toutes ces constantes sont soumises à l'influence de multiples facteurs autres que la fatigue : nutrition, médicaments, infections). Ces examens sont difficiles à réaliser en usine; les travailleurs ne les aimant guère, ils réagissent avec anxiété et inquiétude.

Les modifications de l'urine : baisse de la diurèse, augmentation de l'acidité, élimination des phosphates, des sulfates et albuminurie. Ces tests manquent aussi de fidélité et de spécificité.

C'est aux tests chimiques qu'appartient la réaction de DONAGGIO, utilisée plutôt en médecine sportive qu'en médecine du travail. Sur 1 cm3 d'urine, on ajoute un volume égal de molybdate d'aluminium à 4% et une solution de thionine à 1%, chez un sujet normal; il se produit 24 heures plus tard un précipité violet surmonté d'un liquide limpide. En cas de fatigue, le liquide reste coloré. En effectuant des mélanges de molybdate et de thionine en quantité décroissante, on peut donner à la réaction une expression quantitative et ainsi mesurer approximativement la fatigue. Telle est la réaction, dans son principe et sa simplicité. TAYEAU a proposé une technique simplifiée comportant deux tubes :

un tube A molybdate d'ammonium + urine + thionine

un tube B urine + thionine + molybdate d'ammonium.

La réaction se fonde sur l'inhibition apportée à la cristalisation du mélange T + M par un glucoprotéide contenu dans l'urine des sujets fatigués. On donne aux réponses des valeurs exprimées comme suit :

Donaggio +++ : réaction fortement positive, absence totale de précipitation;

.../...

D++ et D+ : selon l'intensité, la gêne, le retard apportés à la précipitation, l'aspect d'anneaux, de troubles, de nuages. Nous devons à VANBERKEL la plus importante série de tests publiée.

En effet, en 1959, cet auteur a fait porter la réaction sur 238 ouvriers, sans discrimination d'emploi ni d'état de santé. Il s'agissait en somme d'une manière de sondage susceptible de faire apparaître les aspects de la réaction et les problèmes qu'elle pouvait poser. Or, sur 238 cas, la réaction D+++ n'a été obtenue que dans trois cas, tous concernant des fatigues subjectivement nettement ressenties et aussi objectivées par des éléments d'anamnèse incontestables. On a donc pu conclure, de cette première série de cas non sélectionnés, que les réactions D+++ sont rares, qu'elles peuvent être considérées comme pathognomoniques d'états de fatigue sérieux et confirmés objectivement. Cette notion a été confirmée par les expériences ultérieures.

Par contre, les déductions faites à partir des réactions D++ et D+ et des réactions négatives, apparaissent avec moins de netteté. En effet, parmi les Donaggio négatifs, on trouve un certain nombre de sujets subjectivement fatigués, appréciation confirmée par un certain nombre d'éléments. Il existe donc des fatigues non Donaggio-sensibles.

Par ailleurs, un certain nombre de Donaggio positifs sont trouvés chez des sujets subjectivement non fatigués. Toutefois, parmi eux, il est possible de trouver d'anciens malades, convalescents (même d'une simple grippe), débilités. Chez les sujets Donaggio positifs non fatigués, on doit donc trouver un certain nombre de "convalescents occultes".

Une seconde série de réactions de Donaggio a été pratiquée en 1960 par VANBERKEL sur 218 ouvriers, au total 479 tests, mais cette fois non plus sur des cas en série, sans discrimination, mais dans le but d'éliminer des causes d'erreurs, de nature pathologique (épidémie de grippe en particulier), et de préciser la part de l'élément musculaire. On sait en effet que la réaction de DONAGGIO a d'abord eu des applications en médecine sportive. Excluant donc les sujets venus se faire examiner à la suite d'une maladie, VANBERKEL a appliqué le test à 12 catégories de travailleurs :

A. débardeurs levant et portant des sacs de 100 kg et plus;

B. chargeurs et porteurs de 50 kg, mais avec des gestes plus rapides et plus souvent répétés;

C. chauffeurs de poids lourds;

.../...

E. conducteurs de fabrication, sans dépense physique notable, mais ayant de fortes responsabilités;

F. postes en atmosphère polluée;

G. ouvriers travaillant en températures très élevées;

H. travailleurs de nuit, tous emplois;

I. mécaniciens et assimilés;

J. maîtrise et cadres;

K. sédentaires debout; chimistes sédentaires;

L. sédentaires assis, employés de bureau.

Pour chacun de ces sujets, la réaction a été pratiquée dans les deux premières heures du travail, puis au cours de la dernière heure de celui-ci.

Les résultats ont été les suivants :

- Un peu plus de 30% des travailleurs commencent leur journée avec un Donaggio négatif. En donnant à celui-ci une valeur diagnostique, il faut donc admettre que deux travailleurs sur trois sont fatigués lorsqu'ils prennent leur poste. Fatigue antérieure au travail du jour, "fatigue rémanente", dit VANBERKEL, qui l'explique de trois façons :

. existence d'un seuil à la Donaggio-sensibilité, le glucoprotéide responsable de l'inhibition de la réaction n'étant libéré qu'à partir d'un certain niveau de fatigue. C'est ce qui explique les Donaggio négatifs des sujets fatigués notoirement, subjectivement et objectivement. Le seuil de sensibilité pourrait n'être atteint que par sommation d'efforts qui, individuellement, ne suffiraient pas à donner une réponse positive;

. existence, après la journée de travail effectif, d'autres causes de fatigue, second métier, responsabilité familiale souvent plus pénible que le premier métier;

. insuffisance du repos nocturne, dans l'absolu ou le relatif, mais toujours incapable de restaurer l'état de fatigue de la veille, d'où l'importance du sommeil pour l'hygiéniste.

Après la journée de travail, il était intéressant de voir quel était le comportement de la réaction par rapport à la réponse obtenue à la première heure :

. pour les réactions négatives en début de travail, certaines le restent : elles concernent des sujets réputés non fatigués;

.../...

d'autres deviennent positives du fait du travail effectué. Ce sont les cas de fatigues quotidiennes, considérées par certains comme bénignes, voire salutaires, par d'autres comme inutiles et dangereuses, parce que génératrices de fatigues ultérieures plus ou moins irréversibles et bientôt pathologiques. La fatigue quotidienne semble rare, 7% des cas dans la série de VANBERKEL, sans aucun D+++, seulement trois D++ et 14 D+. On trouve là un nouvel argument en faveur d'un seuil assez élevé à la Donaggio-sensibilité.

Par contre, si la fatigue quotidienne est rare, la fatigue rémanente est élevée : 61% des cas étudiés, sans D+++, mais 116 D+ et 17 D++ sur 133 cas. En fin de travail, 90 fatigues rémanentes demeurent inchangées, 20 passeront de D+ à D++, 6 de D+ à D+++; 17 de D++ à D+++. Autrement dit, les réactions initiales D++ sont toutes influencées par le travail, alors que le plus grand nombre de D+ demeurent inchangés. 6 cas sont assez nettement influencés par le travail pour passer de D+ à D+++. Parfois enfin, des cas au départ D+ sont trouvés négatifs en fin de journée. Mais il semble qu'il s'agisse là d'erreur matérielle, encore que, parfois, l'enquête révèle un second métier plus éprouvant sans doute que le poste principal connu, moins générateur de fatigue, et où l'ouvrier trouve une manière de repos.

Il est difficile de mettre en cause l'élément musculaire, et par catégories, les réponses ne sont pas absolument homogènes. C'est ainsi que les sujets effectuant leur travail sans fatigue représentent des proportions variables d'un groupe à l'autre : entre 10 et 40%; la plus forte proportion de tolérance au travail sans fatigue se situe chez les débardeurs et les grutiers; la plus faible tolérance étant trouvée chez les conducteurs de fabrication, les postes exposés à de hautes températures. La cohésion la plus remarquable existe dans les groupes G et E.

On arrive ainsi à des constatations assez curieuses : le grutier, sédentaire, est aussi réceptif à la fatigue D+ que le débardeur, travailleur lourd, ce qu'expliquent les conditions psychologiques qui, chez le premier, priment les conditions matérielles.

6% des conducteurs de fabrication sont D-; ils éprouvent donc une fatigue Donaggio-sensible, avec pourtant un élément musculaire particulièrement réduit.

Il faut donc admettre que la réaction de Donaggio peut devenir positive dans les postes les plus sédentaires, qui offrent la plus forte proportion d'emplois Donaggio-sensibles. On ne peut donc pas réserver la Donaggio-sensibilité à l'effort musculaire violent.

.../...

La réaction n'en comporte pas moins des causes d'imprécision parce qu'il n'est pas possible de multiplier les groupes de travailleurs à l'infini et que l'on étudie ensemble des postes vis-à-vis desquels la tolérance à la fatigue risque de varier, en particulier en ce qui concerne la double notion de fatigue quotidienne et de fatigue rémanente.

Pour donner enfin à la réaction de Donaggio +++ une valeur diagnostique absolue, VANBERKEL, en 1961, a examiné 929 sujets vus annuellement sans notion de maladie; la question posée a été : vous sentez-vous fatigué, et l'examen a été une réaction de Donaggio; les résultats ont été exprimés par le signe F+ pour les cas de fatigue subjective, D+ pour un Donaggio positif, quelle qu'en soit l'intensité. Sur 929 examens, 255, soit 27%, ont donné un D+; 275 ont dit être fatigués, soit 29%. La concordance fatigue subjective et D+ a été de 115 cas, une fatigue subjective sans D+ a été trouvée dans 160 cas, une absence de fatigue subjective avec D+ a été constatée dans 140 cas. Il n'y a donc pas concordance absolue constante. Chez 140 sujets avec D+ sans fatigue subjective, il a été possible de trouver des éléments cliniques dans 100 cas, donc aucun élément clinique dans 40 cas. On peut donc parler de fatigue inconsciente, traduite par la réaction de Donaggio -, ce qui lui donne donc une valeur certaine.

Dans 160 cas, il s'agissait de D négatif chez des sujets notoirement fatigués, subjectivement et chez qui un élément clinique justificatif a été trouvé dans 118 cas, soit 74%. Par contre, dans 42 cas, soit 26%, aucun élément clinique n'a été trouvé dans ces cas de fatigue subjective, mais à Donaggio négatif. Des pourcentages sensiblement égaux d'éléments militent donc en faveur de la réaction de Donaggio et de la sensation de fatigue. Si l'on additionne les chiffres d'éléments favorables à la réaction dans les deux catégories, on trouve, sur 300 cas en litige, 142 cas, soit 47%, chiffre qui exprime le coefficient de fiabilité du Donaggio. Les D+++ ont un coefficient de présomption de 100%; pour D++ et D+, il faut abaisser ce coefficient très au-dessous de 47%. Il ne peut s'agir que de présomption, car rien ne permet d'affirmer la fatigue devant une seule perte pondérale, une claudication; avec D+ isolé, sans autre élément de fatigue objective, il n'est pas davantage possible d'affirmer que ce sujet n'est pas fatigué. Il serait très précieux de pouvoir avec le Donaggio déceler une fatigue avant qu'elle se soit manifestée par d'autres signes... Mais, dans l'état actuel des choses, il faut continuer à donner à F+, fatigue subjective, une signification réelle, peut-être plus proche de la vérité que la réponse D+ : ce qui reste d'ailleurs bien dans la ligne de l'éthique de la clinique française actuelle.

.../...

Dans l'état actuel de nos connaissances de la réaction de Donaggio et de ses applications en tant que recherche de la fatigue professionnelle, nous dirons que :

la réaction D+++ a une valeur "quasi-absolue";

les réactions D++ et D+ ont une valeur plus relative, mais restent indispensables dans la conduite d'une enquête complète clinique, anamnétique;

il est possible de trouver des Donaggio positifs dans tous les emplois, et, sans affirmer qu'une fatigue purement psychique soit capable de donner un D+, il n'est pas exclu que la fatigue psychique soit en mesure de provoquer une agitation psychomotrice, une insomnie, positivant, elles, la réaction; il est probable qu'existe un seuil en deçà duquel la positivation n'interviendrait pas. La fatigue subjective traduit la conscience d'une certaine difficulté à accomplir le travail, en fonction d'un contexte psychologique particulier. La réaction de Donaggio ne deviendrait positive qu'à partir d'une certaine dépense métabolique : elle pourrait donc, soit précéder la sensation de fatigue, soit lui succéder.

Ces considérations nous mènent à dire que la valeur diagnostique de la réaction de Donaggio n'est pas absolue. Avec elle, on trouve une proportion non négligeable de réactions négatives chez des sujets fatigués, subjectivement et objectivement, des réactions positives chez des sujets n'éprouvant pas de sensation de fatigue, et ne fournissant pas d'éléments cliniques dans le sens de la fatigue. Mais ces nuances sont celles de toutes les épreuves biologiques, qui doivent précisément coller à l'organisme et à ses fonctions propres, et non pas avoir la rigueur d'un ordinateur électronique dont on connaît les limites en médecine.

Toutefois, pour nous, la réaction de Donaggio a le mérite de nous fournir un signe d'alarme, d'une part, d'apporter la confirmation objective, d'autre part, en cas de fatigue excessive, d'état aigu. Autre avantage très appréciable, la simplicité de la technique facile à réaliser sur le lieu de travail et bien acceptée des travailleurs ne doit pas faire oublier que ce test est peu valable comme test de fatigue précoce ou chronique.

6°) Tests psychotechniques : selon VANBERKEL, à l'épreuve sthénométrique, il ajoute, chez ses "sujets manifestement fatigués", trois tests psychotechniques.

.../...

1 - Montage chronoscopique : il utilise un système de deux commandes, l'une pour l'opérateur, l'autre pour le sujet examiné. Un électro-aimant, dont le déclenchement libère l'aiguille d'un chronomètre au 1/100ème de seconde, en même temps qu'il émet un bruit très net servant de stimulus auditif; l'opérateur provoque le départ de l'aiguille que le sujet doit arrêter aussi près que possible de sa position de départ : 30 essais successifs sont ainsi chronométrés. VANBERKEL, avec ce test, étudie essentiellement trois chiffres :

- le record, chiffre le plus court réalisé au cours de l'expérience;

- l'indice de régularité, obtenu en faisant la somme des cinq chiffres les plus forts et la somme des cinq chiffres les plus faibles; on soustrait l'une de l'autre ces deux sommes et l'on divise le résultat par 5;

- le temps moyen, moyenne géométrique des temps enregistrés au cours de 30 essais.

2 - Un montage du type "dextérimètre" comporte un pointeau métallique dont les déplacements sont commandés par deux vis sans fin perpendiculaires, et qui décrit une figure en matière isolante découpée dans une plaque de cuivre. Les erreurs consistent en contacts du pointeau avec la plaque de cuivre, et sont enregistrées électriquement, le temps d'exécution étant chronométré : ce qui permet de donner deux notes : une note E, total du chiffre d'erreurs, une note T, durée de l'opération.

3 - Tests de comptage : une machine à écrire a établi sur une feuille de papier une série de lignes de points. Le candidat doit barrer d'un trait de crayon tous les "cinquièmes points". Le temps est limité à 3 mn, on obtient deux notes :

- note R : total de chiffres d'erreurs, et

- note N : total de groupes de cinq points barrés.

Pour la méthode du chronoscope, en ce qui concerne le "record", la courbe qui représente les résultats comporte un mode éloigné du mode étalon d'une abcisse égale à +3. En cas de fatigue, le temps de réaction record est prolongé, ce qui est encore plus net si l'on établit le pourcentage des valeurs inférieures, égales ou supérieures au mode étalon pour chacune des deux courbes. Des séries de tests mettent en évidence le rôle retardateur de la fatigue, surtout en cas de valeurs inférieures au mode étalon pour chacune des deux courbes; rôle un peu moins nettement apparent pour le temps moyen.

.../...

Des conclusions inversées sont obtenues dans la statistique des indices de régularité. On peut conclure que la fatigue se comporte comme une régulatrice des réactions réflexes : même si la moyenne de celles-ci est relativement augmentée par rapport aux temps, les oscillations autour de cette moyenne sont de moindre amplitude. L'entraînement peut réduire le temps de réaction de 10%. L'alcool (1 g/l) et l'âge allongent ce temps.

- Méthode du Dextérimètre : le diagramme des erreurs établit que les sujets fatigués ne font sensiblement pas plus d'erreurs que les sujets non fatigués : 75% au lieu de 72%. Le diagramme des temps par contre affirme que les sujets fatigués ont travaillé nettement plus vite que les sujets non fatigués.

Lorsqu'on procède au comptage, on constate donc qu'il n'y a pas de différence nette entre fatigués et non fatigués dans le diagramme des erreurs, note R, que, pour le total de paquets de 5 points barrés facteur N, il y a chez les fatigués un déplacement du groupe des abcisses basses vers les abcisses élevées, donc des notes défavorables aux notes favorables, le rendement des fatigués étant supérieur à celui des non fatigués. Nous conclurons donc que :

pour le chronoscope, "les records" sont allongés chez les fatigués, avec inversion des résultats pour les indices de régularité;

pour le dextérimètre, le nombre des erreurs n'est que très faiblement augmenté chez les fatigués, les temps chez eux étant raccourcis;

pour le comptage, les erreurs ne diffèrent pas, mais les temps sont raccourcis.

On arrive ainsi à cette constatation paradoxale que les sujets fatigués peuvent travailler plus vite que les non fatigués avec une qualité de travail égale, voire supérieure. On arrive ainsi également à des conclusions paradoxales mais qui, pour le médecin du travail, ont une grande valeur : celle de la réaction, de la compensation devant la fatigue, ce que l'on constate dans l'épreuve sthénométrique comme dans l'épreuve psychotechnique; simplement un même effort coûtera plus de fatigue à un sujet déjà fatigué, qu'à un sujet non fatigué, comme si la fatigue se "catalysait elle-même". Mais le rôle du médecin du travail n'est-il pas précisément de lutter contre cette coûteuse compensation, cette surcompensation, devrions-nous dire, qui doit être rendue inutile par une meilleure adaptation de l'homme à son métier, par une élimination des causes de fatigue.

.../...

7°) Tests psychologiques et mentaux : Ils mettent en jeu les diverses facultés cérébrales, telles l'attention, la volonté, l'imagination, l'association contrôlée.

- méthode des blocages ou inhibition. Ceux-ci devenant de plus en plus fréquents à mesure que le travail se prolonge, mais ces états sont réversibles si le stimulus change et réveille l'attention.

- méthode des épreuves de concentration.

- entretiens à tendance analytique : ils essaient d'établir des corrélations entre la personnalité de base et l'orientation de la fatigue vers un type clinique.

L'étude de l'encéphalogramme et l'esthésiométrie n'a apporté jusqu'à présent que peu de certitude.

*
* *

Tous les tests que nous venons d'envisager présentent, malgré leur intérêt, des défaillances, des lacunes, des inégalités, une mise en application souvent délicate et compliquée. Les réponses obtenues ne révèlent qu'un aspect partiel de cet état si difficile à cerner qu'est la fatigue. Aussi sommes-nous contraints de dire qu'il n'existe pas actuellement de critères objectifs, irrécusables, pour son appréciation et son dépistage.

.../...

Troisième Partie :

- Travaux récents effectués en milieu minier :

"Etude physiologique de la pénibilité physique du travail, dans une taille hautement mécanisée à soutènement marchant"

1° - La mesure de la pénibilité du travail

2° - Essai expérimental de la méthode mise en oeuvre au fond

3° - Mise en oeuvre effective des méthodes

INTRODUCTION

Le travail minier se caractérise par une charge physique importante pour la main-d'oeuvre employée dans les exploitations. La présente étude est centrée sur une unité bien circonscrite, caractérisée par une évolution technique importante et représentative du devenir vraisemblable des unités de ce type.

Le thème de recherche implique une double approche sur le terrain :

- une étude du travail de forme assez classique où les tâches sont analysées en termes de nature, de durée, de structure au sein des diférentes fonctions.

- une étude parallèle où les mêmes tâches sont cette fois étudiées sous l'angle de la pénibilité physique par lamesure d'un indice physiologique visant à indiquer l'ampleur des adaptations fonctionnelles que l'exécution de ces tâches imposent à l'organisme des travailleurs qui en sont chargés. L'indice physiologique utilisé étant la fréquence cardiaque au cours de la période de récupération suivant une séquence de travail.

Nous devons mentionner d'ores et déjà que de nombreuses difficultés furent rencontrées dans l'interprétation de certains résultats : c'est ce qui a amené à entreprendre une expérimentation en laboratoire sur des travailleurs qui avaient été suivis au fond. Cette démarche n'est pas surprenante, elle traduit la nécessité où se trouve le chercheur sur le terrain de fuir la complexité de la situation réelle de travail dans laquelle trop de paramètres échappent à l'analyse ou mêlent leur influence, pour essayer, dans des conditions artificielles, mais bien fixées, d'isoler l'action de tel ou tel facteur spécifique sur la variable choisie pour critère.

Le plan qui a été choisi pour la présentation du rapport se déroulera selon les phases suivantes :

- un préambule, pour l'information générale du lecteur, sur le mode de fonctionnement d'une taille à soutènement marchant.

- un 1er chapitre sur la mesure de la pénibilité du travail.

- un 2ème chapitre : Essais expérimentaux de la méthode mise en oeuvre au fond.

- un 3ème chapitre : Mise en oeuvre effective des méthodes.

.../...

PREAMBULE

DESCRIPTION TECHNIQUE DE LA TAILLE

1°) Méthode générale d'exploitation

La taille dépile un panneau situé dans une couche de 10 mètres environ exploitée par tranches parallèles. La méthode employée consiste à exploiter, dans un même panneau, plusieurs tailles situées à des "niveaux" différents de la couche. Une taille démarre l'exploitation du panneau en dépilant une tranche de 2,50 mètres environ, sous le toit. C'est la taille, dite de première tranche; elle est traitée par remblayage pneumatique. Au fur et à mesure de son avance, ses voies sont enfoncées sous quadrillage de bois par une ou plusieurs attaques qui progressent en suivant la taille. Aux endroits où il est achevé, l'enfoncement est de l'ordre de 2,50 mètres, ce qui correspond à l'ouverture d'une tranche normale. On peut alors attaquer une taille dite de deuxième tranche, pour prendre les 2,50 mètres supérieurs du charbon laissé en sole de la première taille. Cette deuxième taille utilise la même desserte que la première et progresse dans le même sens que celle-ci. La taille où se déroule l'essentiel de la présente recherche était une taille de deuxième tranche. Sa longueur était de 76 m, son ouverture aux environs de 2,50 m. Le panneau exploité était à peu près horizontal, à grande échelle, mais des variations de pente affectant certaines zones faisaient que la taille était certains mois montante, certains mois descendante et que le charbon abattu et l'air circulaient en taille certains mois en montant et certains mois en descendant. Nous verrons, par la suite, que les pentes rencontrées en taille ont une incidence au niveau du travail de certains exécutants.

Au point de vue de l'aération, le cube d'air moyen circulant en taille était de l'ordre de 8 m3/s avec des variations. Les conditions climatiques étaient donc assez différentes aux deux extrémités de la taille. La température relevée en amont était de 24 à 27° pour la température sèche et 21 à 23° pour la température humide. Pour l'aval, les chiffres correspondant étaient de 27-28° pour le premier cas et de 25-26° pour le deuxième cas. On peut d'emblée noter l'aggravation des conditions climatiques vers l'aval dû au fait que l'air s'échauffe et se charge d'humidité au cours de sa

.../...

circulation en taille. A ce niveau, la chaleur a des répercussions sur les réponses physiologiques ou comportementales du travailleur.

2°) Matériel utilisé

Le déblocage de la taille était assuré par un blindé ayant une tête motrice électrique montée sur skis pour faciliter le ripage. Une machine d'abattage se déplace sur le blindé de taille en se halant dans les deux sens sur une chaîne fixée aux deux extrémités de ce blindé. L'unité de soutènement marchant qui est utilisée en taille est la pile monobloc; celle-ci réagit mal à la pente. L'organisation générale du travail en taille équipée avec le matériel que nous venons de citer permet les processus d'abattage, de foudroyage et de soutènement qui sont quasi-continus et en étroite dépendance (cycle de base).

3°) Les exécutants

Nous nous situons maintenant dans une optique clinique et nous recensons l'ensemble des tâches que nous allons voir accomplir par les ouvriers observés. L'équipement moyen de la taille au cours du poste du matin est le suivant :

- Haveur 1
- suiveurs de câble 2 à 3
- nicheurs d'aval 2
- nicheurs d'amont 4
- déplaceurs de pile 6
- boiseurs d'aval 2
- boiseurs d'amont 2
- surveilleur de la tête motrice du blindé 1
- hydrauliciens 3
- brocheurs 0 à 2.

La taille est équipée à 3 postes. Les postes du matin et de l'après-midi sont les deux postes de marche normale de la taille, ayant un personnel similaire. Le poste de nuit, consacré à l'entretien, comporte un personnel en nombre réduit.

.../...

"Le haveur" : l'essentiel de son travail réside dans la conduite de l'abatteuse par action sur une série de commandes. La tâche consiste en une prise d'informations nécessitant un niveau de qualification professionnelle élevé. Des efforts posturaux peuvent exister au cours de la conduite de l'engin, mais la charge physique semble modérée.

"Les suiveurs de câble" : leur activité principale peut se caractériser par l'exécution d'efforts brefs mais importants, souvent dans des postures difficiles. Leurs déplacements se font dans des conditions très particulières nécessitant une grande souplesse articulaire et lombaire.

"Les nicheurs" : ils sont chargés du dépilage des extrémités amont et aval de la taille, zone où la machine ne peut assurer sa fonction d'abatteuse. Ils doivent abattre par tir (foration des mines à la perforatrice pneumatique, chargement des trous, raccordement et tir), charger les produits à l'aide d'une houe et d'une pelle, boiser (le soutènement étant assuré par des rallonges métalliques qu'ils mettent en place). Toutes les opérations exécutées par les nicheurs sont des opérations à haute exigence énergétique. Elles s'accomplissent dans un contexte qui ne peut qu'aggraver la pénibilité (la niche aval, en particulier, moins bien aérée, plus chaude, plus humide que la niche amont). Un poste tel que celui de nicheur est un poste lourd qui a fourni pour la suite un excellent point de référence pour situer les autres postes existant dans la taille à soutènement marchant.

"Les déplaceurs de piles" : sous un angle théorique, leur travail pouvait être considéré comme celui d'un conducteur de machine dont la seule activité musculaire réside dans une action sur des leviers de commande; mais, pratiquement, en raison de la pente, ils doivent éviter que la pile ne dérive, ce qui nécessite le transport de palans. De plus, en cas de plancher souple endommagé, ils ont à renforcer le grillage par la mise en place de nouveaux rouleaux. Aussi, le travail des déplaceurs de pile peut être jugé comme engendrant des exigences énergétiques importantes.

"Les boiseurs amont et aval" : leur activité se présente comme purement manuelle. Tous les travaux sont pratiquement accomplis à force d'homme. La manutention et la mise en place d'éléments de soutènement lourd, le nettoyage précédent le ripage, dans le cas où la quantité de charbon à pelleter est importante et doit se faire à un rythme assez rapide, mettent en jeu des efforts musculaires élevés, dont la pénibilité est aggravée en aval par des conditions climatiques plus rigoureuses qu'en amont.

Nous n'insisterons pas sur les fonctions de surveillants de tête motrice, d'hydrauliciens et de brocheurs, celles-ci n'ayant pas pu faire l'objet d'une étude quantitative.

.../...

En conclusion de ce recensement des activités effectives des exécutants, un certain nombre de remarques peuvent être faites.

- La marche de la taille exige un grand nombre d'opérations physiquement coûteuses. On peut classer ces opérations en deux groupes :

. celles où l'effort musculaire est surtout de type dynamique : le muscle travaille par contraction et décontraction successives avec fourniture d'un travail physique extérieur important (force X déplacement : c'est le cas du pelletage).

. celles où l'effort musculaire est surtout de type statique : le muscle travaille en contraction prolongée. C'est le cas lorsqu'il s'agit de soutenir une charge de poids élevé. Mais il est rare de rencontrer des opérations à seule composante statique.

- Les différentes fonctions distinguées se situent entre deux pôles extrêmes.

L'un de ces pôles est la fonction "haveur"; elle apparaît bien comme le type de la fonction "mécanisée" où aucune exigence énergétique très notable ne se manifeste, la seule activité effective importante étant la commande de sa machine.

L'autre pôle est la fonction "nicheur"; l'exécutant est, pour la majeure partie de son travail, un fournisseur d'énergie mécanique; ses efforts se manifestent aussi bien au niveau dynamique que statique.

- Les conditions dans lesquelles beaucoup de tâches doivent être accomplies entraînent une aggravation des contraintes physiologiques pour les exécutants (d'une part, l'exiguïté des aires de travail, qui impose souvent des postures physiologiquement non correctes, donc coûteuses en efforts posturaux; d'autre part, les conditions climatiques qui ajoutent à la charge de travail une composante chaleur dont on connaît l'importance au niveau cardiaque).

- Un dernier aspect du travail observé en taille mérite d'être retenu : c'est sa variabilité. Elle se marque à trois niveaux :

. au niveau de la fonction : par le fait que la nature des différentes opérations exécutées dans le cadre d'une même fonction peut varier d'un jour à l'autre ou d'un exécutant à l'autre;

.../...

. au niveau de l'opération : celle-ci pouvant être fortement altérée dans son exécution par des contingences locales;

. au niveau de la séquence opératoire, par l'apparition d'incidents d'origines diverses, qui font varier le rythme travail-arrêt.

L'ensemble de ces observations, indépendamment de l'intérêt qu'elles présentent, a orienté le choix des méthodes d'analyse quantitative du travail et de sa pénibilité.

CHAPITRE I

MESURE DE LA PENIBILITE DU TRAVAIL

Tout travail physique se traduit par une adaptation de l'organisme du travailleur aux exigences de la tâche. Différents paramètres physiologiques que nous avons décrits avec l'étude des tests varient à partir de leur valeur de repos et traduisent le degré de pénibilité, l'intensité du travail et la fatigue ressentie par l'organisme étudié. La mesure de l'ampleur de la variation d'un paramètre physiologique peut être concommittante ou consécutive à l'exécution d'un travail et constitue une exploration directe de l'intensité de l'effort d'adaptation de l'organisme et une mesure indirecte de la pénibilité du travail d'origine. Mais tous n'ont pas la même valeur, comme nous l'avons vu.

Dans la présente étude, où le travail à étudier est constitué d'opérations de pénibilités diverses, il faut des variables fournissant une indication de chaque phase d'activité. Sur le terrain, les plus généralement utilisées sont la consommation d'oxygène et la fréquence cardiaque. L'étude clinique du travail en taille a montré que les opérations accomplies comportent des efforts dynamiques, statiques, posturaux, et que les conditions climatiques apportent de surcroit une charge thermique. C'est pourquoi, seule, la fréquence cardiaque sera choisie comme variable critère de la pénibilité des tâches. En fait, ce n'est pas la fréquence cardiaque de travail, mais la fréquence de récupération, c'est-à-dire après des phases d'activité, au cours de périodes de repos. Le pouls diminue depuis la valeur maximale, atteinte en fin de travail, jusqu'à une valeur fonction de la durée du repos et des conditions dans lesquelles celui-ci est pris. La mesure est plus commode puisque l'ouvrier est au repos et que l'on peut lui prendre le pouls par palpation directe de l'artère radiale. Il n'a donc pas besoin de porter un équipement particulier et il n'est pas dérangé au cours de son travail.

Dans la mine, la méthode de BROUHA, exposée précédemment, ne peut être appliquée qu'en partie et en fonction du lieu (sol inégal et encombré d'une taille). Aussi les pouls de récupération vont être pris au repos, debout; cette différence dans la mise en oeuvre de la méthode est évidemment moins standard et moins physiologique. En effet, on introduit un élément de variabilité d'une mesure à l'autre en opérant sur des sujets dont la position de repos peut être différente, donc placés dans de moins bonnes conditions de récupération.

.../...

Si on laisse de côté les erreurs de comptage, il faut s'intéresser nécessairement aux facteurs de tous ordres qui sont connus pour avoir une action sur la fréquence cardiaque.

Facteurs liés au travail et aux conditions dans lesquelles il est accompli.-

1°) Intensité des composantes dynamiques : elle agit avec détermination sur la fréquence cardiaque, sauf dans le cas de travaux légers. La fréquence cardiaque au cours du travail dynamique est liée, par une relation linéaire, à la consommation d'oxygène (valeur approchée, en fait, car la relation linéaire se trouve plutôt au niveau débit cardiaque-02 consommé. Or, le débit cardiaque est le produit de la fréquence cardiaque par le volume systolique variant à l'effort). On se trouve dans une situation idéale où la mesure du pouls est une mesure directe de l'intensité de l'effort. Mais il est rare de rencontrer les opérations réelles ne comportant que des composantes dynamiques et, même dans ce cas, la relation linéaire mentionnée ne vaut que dans le domaine du steady state cardiaque (état d'équilibre se traduisant par le fait que la fréquence cardiaque reste constante pendant toute la durée d'un travail d'intensité constante). Si l'on sort de ce domaine, avec des efforts d'intensité élevés, la fréquence cardiaque devient alors fonction croissante de la durée de l'effort.

En ce qui concerne le pouls de récupération, la relation entre ses valeurs et la consommation de 02 (excellente mesure de l'intensité d'un travail dynamique) ne revêt pas une forme simple : les unes étant fonction croissante de l'autre, et P1 (pouls de récupération de 1ère minute) est plus nettement influencé que P2 ou P3, par la lourdeur du travail dynamique.

2°) Intensité des composantes statiques : cette intensité est extrêmement difficile à objectiver physiquement. On n'a pas la ressource d'utiliser une variable physiologique qui soit une véritable mesure de cette intensité comme c'était le cas pour les efforts dynamiques. On doit extrapoler des résultats d'études faites en laboratoire sur des efforts statiques élémentaires, comme nous l'avons précédemment exposé.

Les relations établies dans ce cadre expérimental sont de forme complexe : la fréquence cardiaque y apparaît comme fonction du poids mis en oeuvre, de la durée de l'effort, du groupe musculaire en contraction.

.../...

Dans la pratique, les opérations de travail sont loin d'être aussi simples et, à défaut de relations précises, nous dirons seulement que le poids des matériels manutentionnés, le caractère antiphysiologique des postures, la durée des manutentions lourdes et des postures anormales sont autant de facteurs entraînant une augmentation de la fréquence cardiaque de travail. Les pouls de récupération, et plus particulièrement P1, sont influencés par l'intensité des efforts statiques de façon analogue à ce qui se produit avec les efforts dynamiques : "Quand la contraction cesse, le coeur se ralentit et le retour au niveau de repos se fait généralement en 3 mn d'une façon abrupte ou progressivement" (BROUHA).

3°) Structure des séquences opératoires : Sur le terrain, les séquences opératoires, telles qu'on peut les saisir, comportent en général des alternances d'efforts élémentaires d'intensité différente et de repos. La façon dont les efforts légers et les repos se distribuent par rapport aux efforts plus intenses n'est pas sans influence sur le pouls. Ainsi, le morcellement des efforts se traduit par une élévation plus modérée de la fréquence cardiaque de travail et de récupération. On peut donc trouver des valeurs de pouls différentes au cours de deux séquences opératoires identiques quant à la nature du travail, la durée et la production réalisée, mais différentes quant à la structure.

4°) Travaux précédemment accomplis : A l'échelle de la journée de travail, la répétition d'efforts importants, surtout lorsqu'ils sont accomplis sans qu'une période suffisante de récupération les sépare, peut entraîner un phénomène de fatigue physiologique, marquée par une élévation des pouls de travail et de repos. En pareil cas, une même opération entraînera une fréquence cardiaque plus élevée quand elle est accomplie en fin de journée que lorsqu'elle l'est au début. Ce fait, joint à la lenteur anormale que l'on constate alors pour la récupération, sera à l'origine de pouls élevés dans la période de repos qui suit le travail. P3 (Pouls de 3ème mn de récupération) peut être considéré comme un bon indice de l'existence d'une charge globale de travail trop élevée.

5°) Composantes climatiques (chaleur, hygrométrie, ventilation) : On connaît le mécanisme de l'augmentation de la fréquence cardiaque dans le cas de la chaleur : le pouls s'élève pour accroître la circulation périphérique, la peau jouant alors un rôle d'échangeur de température dissipant vers le milieu extérieur la chaleur qui s'accumule dans l'organisme à l'occasion du travail. L'élévation du pouls est d'autant plus grande que le climat ambiant ne favorise pas la dissipation de chaleur. Cette élévation de fréquence cardiaque constatée au cours du travail et du repos se double d'un ralentissement de la vitesse de récupération, ce qui entraîne que, comme le cas précédent, P3 est un bon indice; il traduit cette fois l'importance de la charge thermique supportée par le travailleur.

.../...

En conclusion de cette partie, nous pouvons faire trois constatations :

- La première concerne le type d'indication que nous pouvons espérer obtenir à partir des indices que nous avons choisi de mesurer. P1 est plus particulièrement sensible à la pénibilité de la séquence opératoire qui précède immédiatement la mesure et c'est dans ce sens qu'il sera utilisé. P3, au contraire, est plus sensible à des aspects globaux de la pénibilité (charge totale de travail, charge thermique).

- La deuxième est une réponse à une question posée dans les milieux industriels :"Peut-on repérer facilement par une valeur représentative de leur pénibilité les opérations de travail ?" Théoriquement, oui, mais à la condition que chaque "opération" soit entièrement déterminée sous l'angle de tous les facteurs que nous venons de passer en revue. Dans le cas de la mine, en particulier, on ne peut trouver deux "opérations" identiques, ce qui réduit à zéro l'intérêt pratique d'affecter chaque opération d'un indice précis de pénibilité. Il faut donc borner ses ambitions à la connaissance d'une plage de pénibilité relative à ce qu'on catégorise sous le terme de "même opération" dans la pratique industrielle. Cette plage sera d'autant plus large que les caractéristiques de la séquence opératoire et les conditions dans lesquelles elles s'accomplissent sont plus variables. Le fait doit être souligné, car l'utilisation de valeurs moyennes, si elle est justifiée dans certains cas, dans d'autres peut être parfaitement abusive.

- La troisième est relative à la forte influence des efforts statiques et posturaux et à celle de la charge thermique sur la pénibilité des tâches. L'importance des composantes non énergétiques de la tâche a été bien mise en évidence par SIEBER : "Dans les mines, nous rencontrons des conditions climatiques très particulières, jouant un rôle extrêmement important... d'autre part, dans la mine, l'espace est très mesuré et, pratiquement, dans chaque occupation, la part du travail statique est importante. Ainsi, les paramètres ne sont pas rigoureux; ils ne peuvent être déterminés que par des procédés statistiques compliqués...".

Facteurs non liés au travail.-

La fréquence cardiaque n'est pas sous la seule dépendance de facteurs liés au travail. Les mesures faites en laboratoire dans des conditions parfaitement définies et identiques, mais portant sur des sujets différents, montrent une dispersion importante des résultats. Il en est de même pour des séries de mesures faites sur une même personne à différents moments.

.../...

1°) Variations inter-individuelles : l'âge, le sexe, le degré d'entraînement à l'effort, sont des sources de variations importantes : en règle générale, un sujet âgé a des pouls de repos et de travail supérieurs à ceux des jeunes, les femmes ont des pouls plus élevés que les hommes et le coeur s'accélère davantage à l'effort chez un sujet non entraîné que chez un sujet accoutumé au travail. Mais d'autres sources de variation existent; on le constate en opérant sur des groupes de personnes de même sexe, de même âge, d'accoutumance à l'effort comparable. Sur de tels groupes, on note des différences inter-individuelles importantes au niveau :

- des pouls de repos,
- des pouls atteints au cours de l'exécution d'un travail standard,
- de l'élévation de pouls entre la valeur de repos et celle de travail,
- des pouls de récupération,
- de la vitesse de récupération.

ASTRAND, sur des sujets de 20 à 25 ans, à des niveaux ajustés pour que chaque individu utilise 50% de sa capacité aérobique maximale (élimination des différences entre les aptitudes physiques des différents sujets), trouve un pouls moyen de travail de 127 et un écart type de 8,3 pulsations. Pour un groupe de sujets plus âgés, 50-59 ans, l'écart type s'élève à 15 pulsations.

2°) Variations intra-individuelles :

- Les uns sont liés à des phénomènes psycho-physiologiques : certains états affectifs entraînent une augmentation de la fréquence cardiaque. On constate alors qu'un sujet au repos, avant le début d'une tâche, présente déjà un certain degré d'augmentation de fréquence cardiaque; après l'exécution du travail, son pouls retombe à un niveau plus bas que celui précédemment observé. On peut l'interpréter comme une "préadaptation" de l'organisme à la tâche qu'il va falloir accomplir.

- Les autres sont purement physiologiques : l'un d'entre eux, particulièrement important, puisqu'il est systématique dans toutes les journées de travail où un casse-croûte est absorbé (en général à mi-poste), est constitué par l'ensemble des phénomènes circulatoires qui se produisent durant la période de digestion. Suivant la nature des aliments, une élévation plus ou moins grande de la fréquence cardiaque se

.../...

manifeste durant les 2 ou 3 heures qui suivent la prise du repas (Dans une partie de l'étude, qui sera exposée par la suite, il a été mis en évidence une augmentation de pouls d'une dizaine de pulsations en moyenne, durant une période d'environ 2 heures suivant la prise d'un casse-croûte standard, habituellement absorbé en taille par les mineurs). Il reste les activités accomplies en dehors des 8 heures de travail (trajet, etc.) et qui sont pratiquement incontrôlables (valeur, car moins de facteurs perturbants, du 1er poste horaire).

3°) Interaction des facteurs de variation de la fréquence cardiaque : Nous venons de préciser le type d'action que peuvent avoir, sur la fréquence cardiaque, chacun des facteurs. Lorsque plusieurs facteurs agissent simultanément, et c'est, en général, le cas, malgré les connaissances limitées en ce domaine, pour certains facteurs, les effets de leurs relations d'interaction se répartissent entre trois types prévisibles :

- Effet substitutif : action conjuguée de facteurs psychologiques et de l'intensité de l'effort physique. Dès que l'intensité de l'effort atteint un niveau suffisant, le pouls de travail est sous sa seule influence.

- Effet multiplicatif : action conjuguée de la chaleur et du travail. L'augmentation de pouls constatée est supérieure à la somme de celle que donnerait la chaleur sur le sujet au repos et de celle que donnerait le travail effectué dans une ambiance normale.

- Effet additif : action conjuguée de la digestion et du travail. Nous avons pu vérifier que les pouls de repos, de travail et de récupération étaient majorés d'une valeur sensiblement égale durant la période de digestion.

CONCLUSION AU NIVEAU DE L'INTERPRETATION DES RESULTATS

Nous venons de voir qu'une valeur de pouls mesurée sur un travailleur au cours de sa journée de travail est représentative de l'action de facteurs multiples. En ce qui concerne la collecte des données, dans le cas du travail minier, il apparaît illusoire de prétendre, à partir de séquences opératoires spontanément accomplies, arriver à des regroupements en catégories homogènes. Trop de variables sont en jeu, dont certaines difficilement discernables, et il semble difficile de caractériser totalement une séquence opératoire et cela d'une manière très fine. Il faut donc prendre, par nécessité, une optique plus large qu'au laboratoire où l'on peut fixer avec beaucoup plus de précision les paramètres d'un travail standard parfaitement reproductible. C'est pourquoi, et ceci est important, les catégories qualifiées "opérations" ne

.../...

concerneront pas des séquences opératoires identiques. Cela est une caractéristique essentielle de la réalité de certains travaux qui ont une pénibilité effectivement variable.

La dispersion constatée au niveau de l'indice fréquence cardiaque devient le signe même de la variabilité propre du travail réel. Ainsi, la pénibilité d'une opération ne se caractérise plus seulement par une valeur moyenne établie à partir de valeurs élémentaires, mais par la répartition de ces valeurs élémentaires. Les valeurs extrêmes, en particulier, peuvent traduire l'action de facteurs n'intervenant pas systématiquement, mais dont la pénibilité n'en est pas moins réelle pour l'exécutant. Ces quelques points exposés font apparaître la nécessité de disposer de données exploitables en nombre suffisant; or, sur le terrain, celles-ci sont forcément limitées en temps et en moyens.

La multiplication des prises de pouls au cours de la journée, en limitant la durée des séquences de travail, paraît fournir une solution satisfaisante, mais un trop grand nombre d'arrêts imposés à l'exécutant désorganise son travail habituel et introduit, à l'échelle de la journée, un temps de repos ne correspondant pas à la réalité courante. Pour éviter ces écueils, il a été retenu un compromis, basé sur une durée de 20 mn, pour les séquences opératoires avec comme condition impérative que la prise de pouls ne commence qu'à partir d'un arrêt spontané de l'exécutant.

Au niveau de la pénibilité de la journée de travail, la mise en évidence de la variabilité nécessite la collecte d'indices relatifs à un nombre suffisant de journées complètes. Il faudrait donc des dizaines de postes et, pratiquement, on arrive rarement à un volume de données pleinement satisfaisant.

Pour que les données élémentaires soient utilisables aux deux niveaux précisés - séquence opératoire, journée de travail -, il a été prévu que toutes soient relevées dans le cadre de la journée complète de travail. Les prises de pouls jalonnant toute la durée de la présence au fond de chacun des ouvriers suivis.

Quant à la variation due à l'importance des facteurs individuels, il n'a pas été possible de sélectionner des sujets représentatifs de la population à partir de laquelle ils étaient choisis. Actuellement, les physiologistes du monde industriel ont pris conscience que les phénomènes essentiels à prendre en considération sont les conséquences du travail sur les personnes qui l'accomplissent effectivement. Ce ne sont donc plus les adaptations à l'effort constatées chez quelques jeunes athlètes sélectionnés qui vont être retenues comme mesure idéale de la

.../...

lourdeur d'un travail mais, au contraire, des sujets du "tout venant", forcément différents dans leurs aptitudes et dans leur robustesse, en particulier. L'objectif ne sera plus la mesure de la pénibilité "intrinsèque" du travail, mais une réalité : la mesure de la pénibilité éprouvée par l'organisme de ceux dont la charge effective est d'effectuer le travail. Les ouvriers qui ont accepté de se prêter à ces mesures étaient suivis régulièrement par les services de médecine du travail et l'on pouvait admettre que le poste qu'ils occupaient ne présentait pas pour eux de contre-indication.

CHAPITRE II

ESSAI EXPERIMENTAL DE LA METHODE MISE EN OEUVRE AU FOND

Un pré-dépouillement des documents de base établis à partir des mesures faites sur le terrain ayant fait apparaître un certain nombre de difficultés dans le traitement et l'interprétation des données relatives aux pouls de récupération, on a fait effectuer des travaux standards à une série de sujets auxquels on a appliqué la même technique de mesure des pouls de récupération que celle mise en oeuvre au fond. Ces difficultés s'ordonnaient autour de deux thèmes : le regroupement des valeurs prises par cette variable critère de pénibilité, l'absence de connaissances empiriques sur les possibilités effectives de cette technique.

- le regroupement des données : les mesures se répartissaient en deux ensembles à peu près égaux en nombre : mesures faites avant le casse-croûte, mesures faites après le casse-croûte. Ces dernières donnaient des valeurs de pouls systématiquement plus élevées; cela ne nous surprend pas, étant donné l'influence de la digestion sur la fréquence cardiaque, mais cela n'en représentait pas moins une gêne considérable pour regrouper des valeurs correspondant à des séquences de travail semblables mais effectuées avant et après casse-croûte. La méthode a consisté à prendre comme variable critère non plus les valeurs absolues P1, P2, P3, mais les différences Δ P1, Δ P2, Δ P3 entre ces valeurs et les pouls de repos mesurées avant et après casse-croûte.

- l'absence de connaissance sur les possibilités pratiques de la méthode mise en oeuvre. Il a déjà été vu que les normes d'interprétation de BROUHA ne pouvaient être prises pour base puisqu'elles s'appliquaient à des récupérations en position assise. Par ailleurs, il s'était surtout intéressé à des industries très pénibles tant par la charge physique que par la charge thermique et son optique visait souvent à définir ce qui était tolérable et ce qui ne l'était pas.

Plan expérimental : 9 sujets dont les âges s'échelonnaient entre 27 et 45 ans vont servir pour l'expérimentation. Ils faisaient tous partie de l'échantillon suivi au fond dans le cadre de la recherche. Ces sujets étaient convoqués à l'hôpital des houillères; ils restaient avec nous une journée complète : 8 h - 16 h, et prenaient à midi un repas léger

.../...

(pain, jambon, fromage, fruit, 1/4 de vin) analogue au casse-croûte habituel du fond. Le travail qu'il devait accomplir était constitué par une série de pédalages sur bicyclette ergométrique à différents niveaux d'intensité. Les exercices étaient séparés par des intervalles de temps assez importants pour que la récupération puisse chaque fois être considérée comme complète. La fréquence cardiaque au cours du travail était mesurée par palpation directe, ce qui est possible au cours d'un test sur bicyclette ergométrique où les bras du sujet restent fixes. Les fréquences cardiaques de récupération, P1, P2, P3 étaient mesurées sur les sujets debout, en fin d'exercice, mais d'autres comptages étaient effectués au cours de la période de repos précédant l'exercice suivant. L'ordre de grandeur de la dépense énergétique caractérisant chaque niveau d'intensité fut mesurée par la consommation d'02 d'un sujet étalon ne faisant pas partie de l'échantillon étudié. Comme on le verra, dans une partie du tableau qui suit, 3 exercices de niveau d'intensité croissante I, II, III étaient prévus pour la matinée, l'exercice I étant exécuté 2 fois, en début et en fin de matinée. Après une interruption d'environ 1 heure correspondant au casse-croûte, ces exercices étaient à nouveau reproduits dans le même ordre l'après-midi. Enfin, un exercice de niveau plus élevé IV fut exécuté par certains sujets en fin de journée.

ESSAI EXPERIMENTAL DE LA METHODE UTILISEE AU FOND

Fréquence cardiaque de travail de 9 sujets au cours d'exercices standards sur bicyclette ergométrique (moyenne des 2 dernières minutes)

AGE	AVANT CASSE-CROUTE					APRES CASSE-CROUTE				
	REPOS	PENDANT EXERCICES				REPOS	PENDANT EXERCICES			
		I	II	III	IV		I	II	III	IV
45	90	113	124	128	118	92	120	128	134	X
43	71	95	103	114	94	78	106	114	122	X
45	87	109	118	126	108	97	120	132	137	142
33	92	117	121	127	112	104	122	128	133	142
34	80	110	115	124	107	100	129	129	140	145
30	71	112	120	128	104	83	115	132	135	141
27	68	106	113	127	112	88	121	133	142	145
40	85	94	101	104	96	92	106	107	111	120
37	80	110	112	126	96	89	117	124	136	141
	80	107	114	122	105	91	117	125	132	139

Résultats au niveau de la fréquence cardiaque de travail.

Ils sont résumés dans le tableau suivant

	Ordre de passation	Exercices ** Niveau	Exercices ** 02 cons. 1mn	Durée en mn	Repos consécutif	Nombre de sujets	Fréquence cardiaque de travail (fc) *** Moyenne	Fréquence cardiaque de travail (fc) *** Ecart-type	Accroissement de fc au-dessus du pouls de repos (△ fc) Moyenne	Accroissement de fc au-dessus du pouls de repos (△ fc) Ecart-type
AV-CC*	1	I	0,9	20	30 mn	9	107	7,9	27	9
	2	II	1,9	10	10 mn	9	114	7,9	34	9
	3	III	1,4	10	10 mn	9	122	8,2	42	11
	4	I	0,9	20	1 h.	9	105	8,4	25	9
AP-CC*	5	I	0,9	20	30 mn	9	117	7,5	26	8
	6	II	1,2	10	10 mn	9	125	9,0	34	10
	7	III	1,4	10	10 mn	9	132	9,8	41	11
	8	IV	1,6	6		7	139	8,8	46	10

		Nombre de sujets	Moyenne	Ecart-type
Valeurs retenues pour le pouls au repos	AV-CC	9	91	8,8
	AP-CC	9	80	8,2

** Consommation globale d'oxygène - valeurs établies sur 1 seul sujet, non compris dans l'échantillon.

*** Les valeurs retenues correspondent aux 2 dernières minutes de travai

- La dispersion des valeurs individuelles prises pour fc et △ fc, dans les conditions de travail et de repos, est importante : écart-type 6,3 à 11,9.
- L'élévation moyenne des pouls s'élève à 11 pulsations dans la période de digestion.

Les valeurs élémentaires, c'est-à-dire celles établies pour chaque sujet et chaque condition, figurent dans les tableaux ci-contre.

.../...

L'analyse du tableau précédent nous apporte quelques précisions :

- la fréquence cardiaque de travail est représentée dans le tableau par deux variables :

fc - valeur absolue du pouls de travail

fc - différence entre la valeur du pouls de travail (fc) et celle du pouls de repos correspondant à la partie de la journée où le travail a été accompli.

- valeurs retenues pour le pouls de repos : Lorsque les sujets arrivaient au laboratoire, ils étaient mis en position de repos assis, pendant une dizaine de minutes; ensuite, après 2 mn de station debout, on pratiquait sur eux 3 comptages de pouls successifs. Après le casse-croûte, une procédure analogue était suivie. Nous avons été amenés à constater, comme ce fut le cas au fond, que les valeurs ainsi obtenues sur un sujet ne représentaient pas toujours le minimum observé au cours des demi-journées correspondantes. On trouvait des pouls de récupération plus bas. Il a été admis pour valeur de repos debout le pouls le plus faible effectivement mesuré lors d'une période quelconque de repos debout.

- analyse des résultats : les valeurs moyennes de fc établies pour chacun des exercices jointes aux estimations de coût énergétique (consommation d'02) permettent, en utilisant les normes de LEHMANN (limite de la dépense énergétique globale correspondant aux travaux moyens et mi-lourds = 4 et 7 Kc/mn) et celles de CHRISTENSEN (valeur limite de fréquence cardiaque de travail pour les mêmes travaux = 100 et 125 pulsations/mn), de classer les exercices de niveaux I et II dans la catégorie des travaux moyens ou mi-lourds et ceux de niveaux III et IV dans celle des travaux lourds.

.../...

Pouls de récupération P1 de 9 sujets après des exercices standards sur bicyclette ergométrique.

SUJET	AGE	REPOS	AVANT CASSE-CROUTE				REPOS	APRES CASSE-CROUTE			
			PENDANT EXERCICES					PENDANT EXERCICES			
			I	II	III	IV		I	II	III	I
A	45	90	100	100	110	100	92	108	112	116	X
B	43	71	84	90	94	86	78	102	100	108	X
C	45	87	96	106	116	104	97	110	118	124	12
D	33	92	112	110	114	108	104	116	118	120	12
E	34	80	94	98	106	92	100	122	124	120	12
F	30	71	86	86	100	80	83	94	110	102	10
G	27	68	86	92	102	102	88	102	104	118	12
H	40	85	92	92	92	96	92	108	100	104	11
I	37	80	102	92	98	78	89	108	106	112	10
Moyenne	00	80	95	96	104	94	91	108	110	114	11

Variable Δ P1 (différence entre P. pouls de récupération de première minute et pouls de repos).
Valeurs établies sur 9 sujets après exercices standards sur bicyclette ergométrique.

AGE	AVANT CASSE-CROUTE					APRES CASSE-CROUTE			
	REPOS	APRES EXERCICES				REPOS	APRES EXERCICES		
		I	II	III	I*		I	II	III	IV
45	90	10	10	20	10	92	16	20	24	X
43	71	13	19	23	15	78	24	22	30	X
45	87	9	19	29	17	97	13	21	27	25
33	92	20	18	22	16	104	12	14	16	24
34	80	14	18	26	12	100	22	14	20	22
30	71	15	15	29	9	83	11	27	19	21
27	68	18	24	34	34	88	14	16	30	34
40	85	7	7	7	11	92	16	8	12	18
37	80	22	12	18	-2	89	19	17	23	19
	80	14	16	23	14	91	16	19	22	23

Résultats au niveau du pouls de récupération P1 :

Nous avons utilisé deux variables P1, valeur absolue du Pouls de 1ère mn et Δ P1 différence entre P1 et le pouls de repos défini comme nous l'avons fait pour Δ fc. Nous précisons que, pour chaque sujet, deux valeurs de pouls de repos ont été retenues une avant casse-croûte, une après casse-croûte. Pour chaque exercice, les valeurs individuelles ont été établies pour chacune des variables envisagées. On en trouve le détail dans les tableaux ci-joints.
Les paramètres caractéristiques des différentes distributions (moyenne et écart-type) figurent dans le tableau suivant, sur la ligne correspondant à l'exercice auquel la distribution se rapporte.

.../...

	Exercices		Nombre de sujets	P1		Δ P1	
	Ordre de passation	Niveau		Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
AVANT CASSE-CROUTE	1	I	9	95	9,1	14	5,1
	2	II	9	96	7,9	16	5,3
	3	III	9	104	8,6	23	7,9
	4	I	9	94	10,7	14	9,4
APRES CASSE-CROUTE	5	I	9	108	8,2	16	4,5
	6	II	9	110	8,5	19	5,7
	7	III	9	114	7,7	22	6,2
	8	IV	7	117	9,1	23	5,4

On peut faire sur le tableau les constatations suivantes :

- les écart-types relatifs aux distributions de P1 et de Δ P1 sont du même ordre de grandeur que ceux constatés pour fc et Δ fc. Ce qui traduit une dispersion élevée des valeurs individuelles.

- l'intervalle de variation de la moyenne par niveau d'intensité est de 9 pulsations environ pour P1 et Δ P1 quand on passe du niveau I au niveau IV. Pour fc et Δ fc, cet intervalle de variation atteignait 22 et 20 pulsations. Cette constatation rapprochée de la précédente laisse pressentir une moins grande sensibilité de P1 et de ΔP1 aux variations d'intensité des différents exercices et un pouvoir discriminant moins satisfaisant que celui de fc et Δ fc.

.../...

P1 se situe, en moyenne, à une dizaine de pulsations au-dessous de fc pour les exercices de niveau I, à une vingtaine de pulsations pour les exercices de niveaux II, III et IV. La tendance semble être l'augmentation de la différence entre fc - P1 avec l'élévation de fc. Cette différence ne peut être importante que si fc est largement supérieur au pouls de repos P0 - P1. A propos des périodes avant et après casse-croûte, on retrouve une dispersion des résultats individuels très importante, attestée par des écarts-types considérables. Pour comparer les distributions des valeurs de ces variables relatives à deux exercices de niveaux différents exécutés dans la même demi-journée, il a fallu établir pour chaque sujet la différence P1 relatif à l'exercice de niveau X et P1 relatif à l'exercice de niveau Y, soit P1 (X - Y). Les résultats obtenus illustrent la perte d'information qu'entraîne l'utilisation de P1 et Δ P1, comme indices de pénibilité puisque, pour un même ensemble de données, nous n'arrivons plus à différencier l'intensité des différents niveaux d'exercice, c'est-à-dire leur pénibilité, comme nous avions pu le faire avec fc et Δ fc. Le pouvoir discriminant de notre critère de pénibilité doit nous obliger à une grande prudence dans l'interprétation des résultats.

.../...

Pouls de récupération P2 de 9 sujets après des exercices standards sur bicyclette ergométrique.

SUJET	AGE	REPOS	AVANT CASSE-CROUTE				REPOS	APRES CASSE-CROUT		
			I	II	III	I*		I	II	III
A	45	90	98	98	104	96	92	102	104	114
B	43	71	78	82	88	82	78	92	90	94
C	45	87	94	100	100	100	97	108	112	108
D	33	92	104	104	106	104	104	108	114	120
E	34	80	84	88	90	82	100	116	108	110
F	30	71	84	84	82	76	83	96	98	80
G	27	68	80	88	102	90	88	100	100	110
H	40	85	88	88	90	92	92	108	98	92
I	37	80	94	88	88	76	89	104	94	106
Moyenne		80	89	91	94	69	91	104	102	104

.../...

Variable △ P2 (différence entre P2, pouls de récupération de 2ème minute et pouls de repos)

Valeurs établies sur 9 sujets après exercices standards sur bicyclette ergométrique.

AGE	REPOS	AVANT CASSE-CROUTE				REPOS	APRES CASSE-CROUTE			
		I	II	III	I*		I	II	III	IV
45	90	8	8	14	6	92	10	12	22	X
43	71	7	11	17	11	78	14	12	16	X
45	87	7	13	13	13	97	11	15	11	11
33	92	12	12	14	12	104	4	10	16	8
34	80	4	8	10	2	100	16	8	10	14
30	71	13	13	11	5	83	13	15	-3	-2
27	68	12	20	34	22	88	12	12	22	26
40	85	3	3	3	7	92	16	8	0	4
37	80	14	8	5	-4	89	15	5	17	7
	80	9	11	14	8	91	12	11	12	10

Résultats au niveau des pouls de récupération P2 et P3

Nous donnerons d'abord les caractéristiques des distributions des valeurs individuelles de ces deux variables pour les différents exercices.

	Exercices		Nombre de sujets	P2		Δ P2		P3		Δ P3	
	Niveau	Ordre de passation		m*	σ*	m*	σ*	m*	σ*	m*	σ*
AV-CC	I	1	9	89	8,7	9	4	88	8,7	8	4
	II	2	9	91	7,2	11	4,8	89	8,7	9	3
	III	3	9	94	8,6	14	8,3	91	9,3	11	8
	I	4	9	89	10,2	8	7,4	86	11,1	5	7
AP-CC	I	5	9	104	7,3	12	3,7	101	7,5	10	4
	II	6	9	102	8,1	11	3,6	100	7,3	9	4
	III	7	9	104	12,6	12	8,9	100	12,8	9	8
	IV	8	7	103	12,2	10	8,8	99	8,2	7	4

* m = moyenne σ = écart-type

Le seul résultat qui a pu être obtenu à partir de l'ensemble des données relatives aux quatre variables envisagées est l'élévation significative de P2 et P3 dans la période de digestion qui suit le casse-croûte. Aucun des niveaux d'intensité des exercices ne se différencie des autres, même en opérant sur les données regroupées (avant et après casse-croûte) avec Δ P2 ou Δ P3.

Ce résultat n'est pas surprenant, car les sujets n'ont eu à subir, au cours de l'expérimentation, ni charge thermique importante, ni charge totale de travail excessive et nous savons que c'est seulement dans ces deux cas que P3, par exemple, devient un indice sensible.

.../...

Pouls de récupération P3 de 9 sujets après exercices standards sur bicyclette ergométrique

AGE	REPOS	AVANT CASSE-CROUTE				REPOS	APRES CASSE-CROUTE			
		APRES EXERCICES					APRES EXERCICES			
		I	II	III	I*		I	II	III	IV
45	90	96	96	100	94	92	98	100	108	X
43	71	76	80	84	76	78	92	92	88	X
45	87	92	96	96	96	97	108	108	106	104
33	92	104	104	104	104	104	108	114	120	104
34	80	82	90	90	84	100	110	100	104	106
30	71	82	76	74	72	83	92	92	76	84
27	68	82	84	98	88	88	102	102	106	104
40	85	90	90	90	86	92	108	98	94	100
37	80	90	86	86	72	89	94	94	100	92
	80	88	89	91	86	91	101	100	100	99

.../...

Variable Δ P3 (différence entre P3, pouls de récupération des 3 dernières minutes et pouls de repos).

Valeurs établies sur 9 sujets après exercices standards sur bicyclette ergométrique.

SUJET	AGE	REPOS	AVANT CASSE-CROUTE				REPOS	APRES CASSE-CROUT			
			APRES EXERCICES					APRES EXERCI			
			I	II	III	I*		I	II	III	IV
A	45	90	6	6	10	4	92	6	8	16	
B	43	71	5	9	13	5	78	14	14	10	
C	45	87	5	9	9	9	97	11	11	9	
D	33	92	12	12	12	12	104	4	10	16	1
E	34	80	2	10	10	4	100	10	0	4	
F	30	71	11	5	3	1	83	9	9	-7	
G	27	68	14	16	30	20	88	14	14	18	1
H	40	85	5	5	5	1	92	16	6	2	
I	37	80	10	6	6	8	89	5	5	11	
Moyenne		80	8	9	11	5	91	10	9	9	

Nous retiendrons, cependant, les ordres de grandeur de Δ P2 et de Δ P3 qui restent, quelle que soit l'intensité des exercices, le premier un peu supérieur à une dizaine de pulsations, le second, en général, légèrement inférieur. Ceci n'est valable que dans les conditions expérimentales précisées, mais montre l'impossibilité d'interpréter de faibles élévations des pouls dans une zone de dix pulsations au-dessou du pouls de repos, car on constate de façon courante des variations du même ordre dans le cas de repos prolongé.

.../...

CONCLUSIONS PRATIQUES.-

Les résultats de l'expérimentation décrite nous ont permis de tirer les conclusions suivantes pour le traitement et l'interprétation des données recueillies au fond :

- nécessité d'utiliser la variable Δ P1 comme critère de pénibilité des travaux, cette variable permettant le regroupement des données recueillies avant et après la pose du casse-croûte.

- manque de finesse discriminative de notre variable critère. Il apparaît ainsi illusoire de s'orienter vers la construction d'une échelle fine de pénibilité des opérations à partir des données du fond. L'objectif raisonnable est la division en groupes d'opérations nettement contrastés.

- dispersion importante des valeurs élémentaires relatives à un ensemble de conditions définies qui obligent à ne considérer qu'avec prudence des résultats acquis à partir de la moyenne de données peu nombreuses.

- inutilité de l'utilisation Δ P2 et de Δ P3 comme critères de pénibilité, hormis les cas où l'intervention de conditions thermiques rigoureuses ou de charges globales de travail trop importantes est vraisemblable.

- fixation de valeurs limites pour Δ P1 dans un but pratique de classement des valeurs de la variable critère.

Bien que ce résultat ne soit valable que dans le cadre de notre expérimentation, nous retiendrons comme limite moyenne de Δ P1 séparant les travaux moyens des travaux lourds la valeur de 20 pulsations/mn. Cette valeur est celle qui ressort de nos résultats : Δ P1 lui étant en moyenne inférieur pour les niveaux I et II, supérieur pour les niveaux III et IV.

Nous n'avons étudié en laboratoire ni les travaux dits légers (- de 3 Kc/mn dans la classification de LEHMANN, - de 100 pulsations pour fc dans la classification de CHRISTENSEN), ni les travaux très lourds, c'est-à-dire (+ de 12 Kc, fc supérieur à 150 pulsations).

Cependant, compte tenu des observations sur les différences moyennes fc - P1, nous retiendrons la valeur de 10 pulsations comme limite supérieure moyenne de Δ P1, dans le cas de travaux légers et une valeur de 40 pulsations comme limite inférieure moyenne de Δ P1, dans le cas de travaux très lourds. Ces valeurs n'ont aucun caractère absolu, mais représentent des repères raisonnables pour la ventilation des valeurs de la variable critère utilisée.

.../...

Feuille de relevé

RECHERCHE COMMUNAUTAIRE ERGONOMIQUE

OBSERVATEUR

Date : 16/4/1969 - Poste 1

NOM Prénom Age : 40 ans - Matricule

FONCTION : Mineur

Début	Fin	T*	A*	OPERATIONS
10 h 15	10 h 20		5	Arrêt
10 h 20	10 h 22	2		Place 1 bois en couronne
10 h 22	10 h 26		4	Arrêt - Le blindé ne marche pas
10 h 26	10 h 27	1		Manutentionne 1 bois
10 h 27	10 h 30	3		Va chercher 1 vérin - le place
10 h 30	10 h 32	2		Place 1 rallonge
10 h 32	10 h 37	5		Soulève la chaîne-raclette à l'aide du palan

Heure de la mesure	N° de la pile	P1 30"	P1 mn	P2 30"	P2 mn	P3 30"	P3 mn	POULS MOYEN	OBSERVATIONS
10 h [illegible]	Niche Amont	51	102	49	98	48	96	99	A partir de 10 h 30 il y a 3 hommes dans la niche.

Début	Fin	T*	A*	OPERATIONS
10 h 40	10 h 48	8		Houe
10 h 48	10 h 49	1		Place 1 bois en couronne
10 h 49	10 h 50	1		Houe
10 h 50	10 h 52	2		Place 1 bois en couronne
10 h 53	10 h 57	5		Houe
10 h 57	10 h 58	1		Place 1 rallonge

Heure de la mesure	N° de la pile	P1 30"	P1 mn	P2 30"	P2 mn	P3 30"	P3 mn	POULS MOYEN	OBSERVATIONS
10h58	Niche Amont	60	120	57	114	56	112	115	

T* = Durée du travail effectif
A* = Durée de l'arrêt

CHAPITRE III

MISE EN OEUVRE EFFECTIVE DES METHODES

1°) Recueil des données sur le terrain

L'ensemble des mesures fut exécuté au cours du 1er poste horaire (5 h 30 - 13 h 30) par deux observateurs formés à cet effet. Chaque observateur descendait avec l'ouvrier qu'il devait suivre et ne le quittait plus durant tout le poste. Le personnel étant transporté en train jusqu'au quartier, la première prise de pouls se faisait à la descente du wagon, la dernière devant se faire en fin de journée, lors de l'attente du train de retour.

Le moment des prises de pouls était fixé de la façon suivante.

Une mesure ayant débuté à l'instant t, la suivante débutait à l'instant t + 20 mn si l'ouvrier était au repos à ce moment, sinon elle n'était faite qu'à l'occasion du premier arrêt de travail suivant l'instant t + 20 mn. Cet entraînement était interrompu par la pose correspondant au casse-croûte; il reprenait à partir de la mesure faite systématiquement à la fin de cette pose. La mesure des temps se faisait suivant la méthode déjà décrite, sur l'ouvrier debout à sa place de travail; pour éviter des erreurs de calcul, l'observateur inscrivait sur la feuille de relevés les nombres bruts correspondant aux pulsations comptées sur 30 s. Entre les prises de pouls, l'observateur notait, sur des feuilles établies à cet effet, les différentes opérations accomplies avec les heures de début et de fin arrondies à la minute la plus proche.

A partir des notations faites au fond, il a été établi, pour chaque journée de travail, et pour chaque exécutant suivi, deux documents devant servir de base à l'exploitation ultérieure.

- d'une part, un document analytique comportant les relevés de chantier, avec en complément l'indication de durée de chacune des opérations distinguées (durée calculée à partir des heures de début et de fin) et celle des pouls P1, P2 et P3 (obtenus par le doublement des valeurs brutes correspondant au comptage sur 30 s.). Chaque séquence opératoire apparaissait comme une unité avec sa structure interne et son prolongement physiologique, les valeurs de pouls de récupération mesurées.

.../...

- d'autre part, un document graphique synthétisant le déroulement du poste complet avec l'indication des principales activités et des pouls de récupération correspondants.

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des données relatives aux fonctions et ouvriers suivis ainsi qu'au nombre de prises de pouls effectuées.

FONCTIONS	Nombre de sujets	Ages extrêmes (ans)	Nombre total de journées suivies	Nombre de contrôles* de pouls
HAVEURS	2	29 - 31	5	82
SUIVEURS DE CABLES	4	26 - 43	8	134
DEPLACEURS DE PILES	6	26 - 44	12	188
NICHEURS (AMONT	4	34 - 41	7	115
NICHEURS (AVAL	4	28 - 40	8	126
BOISEURS (AMONT	4	42 - 48	8	130
BOISEURS (AVAL	4	35 - 45	8	133
AU TOTAL	28	26 - 48	56	908

* Chaque contrôle comprend 3 comptages (P1, P2, P3)

Nous allons donc juger de la pénibilité des fonctions ou des opérations de travail en utilisant, en règle générale, la variable-critère Δ P1, différence entre le pouls de récupération de la 1ère mn et le pouls de repos. Les valeurs de la variable retenues correspondent à une séquence temporelle s'achevant sur une opération de travail.

.../...

2°) Pénibilité des fonctions

a) vue générale : la valeur moyenne et la distribution des valeurs prises par la variable Δ P1 pour l'ensemble des prises de pouls faites sur les ouvriers appartenant à chacune des fonctions étudiées donnent une possibilité objective de situer ces différentes fonctions sur une échelle de pénibilité. Ce mode de regroupement des données physiologiques au niveau de la fonction permet une estimation du pourcentage d'efforts, d'importance diverse, qu'on y rencontre, l'importance de l'effort correspondant à une séquence de travail étant établi par la valeur même du Δ P1, déterminé à cette occasion. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant où, pour chaque fonction, sont donnés le nombre total de mesures faites, la valeur moyenne de Δ P1, la ventilation des valeurs trouvées pour Δ P1 en intervalle de classes de 10 pulsations/mn.

Sur ce tableau, les fonctions ont été rangées par valeur croissante de la moyenne de Δ P1 (c'est-à-dire par pénibilité croissante) et la première constatation à faire est qu'on retrouve bien à la place où l'on pouvait les attendre - la première et la dernière - les fonctions de "haveur" et de "nicheur aval". La différence entre les Δ P1 moyens de ces fonctions (8,7 et 27,6) apparaît considérable; étant donné la signification physiologique de la variable, elle traduit bien le fait, mentionné à plusieurs reprises, que la fonction "haveur" apparaissait à tout examen comme le type de la fonction mécanisée à faible exigence physique, alors que la fonction "nicheur aval" apparaissait d'importante pénibilité, par suite de la nature même des opérations qui la constituent et des conditions climatiques dans lesquelles ces opérations sont accomplies.

FONCTION	Nombre de mesures	Valeur moyenne de Δ P1	Pourcentage des valeurs de Δ P1 en pulsations/mn comprises dans les intervalles					
			0-9	10-19	20-29	30-39	40-49	≥ 50
	44	8,7	55	25	18	2	-	-
S AMONT*	80	12,4	40	46	11	1	1	-
S DE CABLES	73	13,9	33	43	21	4	-	-
URS DE PILES	124	14,8	32	38	21	7	2	-
S AMONT	72	17,2	14	54	21	8	3	-
S AVAL**	80	18,6	20	35	29	13	4	-
S AVAL	75	27,6	22	20	16	12	11	20

cette catégorie ont été classées les mesures faites sur les boiseurs déplacés à l'amont.

cette catégorie ont été classées les mesures faites sur les boiseurs déplacés à l'aval.

.../...

La deuxième constatation qui s'impose est relative aux distributions. Il est, en effet, frappant de voir la régularité avec laquelle augmente, d'une fonction à l'autre, la proportion des Δ P1 d'une valeur élevée. Le fait apparaît encore plus nettement sur le tableau suivant qui donne, par fonction, le pourcentage des valeurs de Δ P1 supérieures ou égales à 20, 30 et 50 pulsations.

FONCTION	Nombre de mesures	Valeur moyenne de Δ P1	Pourcentage des valeurs de Δ P1		
			≥ 20 puls/mn	≥ 30 puls/mn	≥ 50 puls/
HAVEURS	44	8,7	20	2	-
BOISEURS AMONT	80	12,4	14	3	-
SUIVEURS DE CABLES	73	13,9	25	4	-
DEPLACEURS DE PILES	124	14,8	30	9	-
NICHEURS AMONT	72	17,2	32	11	-
BOISEURS AVAL	30	18,6	44	17	-
NICHEURS AVAL	75	27,6	58	43	20

Représentation comparative des résultats par fonction.

Les remarques générales précédentes étant faites, nous allons examiner les résultats propres à chaque fonction en suivant l'ordre de pénibilité décroissant. Nos interprétations s'appuieront sur tout ce qui a été acquis, aussi bien par l'étude clinique que par l'étude des temps (que je n'ai pas retranscrite intégralement dans ce rapport). L'étude physiologique pouvant aussi bien venir en confirmation qu'en désaccord de nos jugements précédents posés parfois a priori.

- "Nicheurs aval" : cette fonction tranche nettement sur les autres par la moyenne élevée constatée pour Δ P1 (27 pulsations/mn) et les pourcentages importants de séquences de travail se traduisant par des Δ P1 supérieurs ou égaux à 30 et 50 pulsations/mn (43% pour le 1er cas et 20% pour le second). Ces chiffres attestent le caractère habituel des efforts considérables accomplis dans le cadre de la fonction dont la pénibilité apparaît extrême.

- "Boiseurs aval" : on peut être surpris, par contre de voir figurer ceux-ci en second rang sur l'échelle de pénibilité. La valeur moyenne de Δ P1 égale pour eux à 18,6 pulsations/mn et, surtout, le fait que 17% des séquences de

.../...

travail entraînent un Δ P1 supérieur ou égal à 30 pulsations/mn conduisent à la conclusion que cette fonction est lourde pour les ouvriers qui l'assument. L'explication la plus vraisemblable serait l'influence du facteur température sur le coût cardiaque du travail accompli. On sait, en effet, que les "boiseurs aval" partagent avec les "nicheurs aval" le handicap d'une ambiance climatique sévère.

- "Nicheurs amont" : à un niveau très voisin des précédents, les "nicheurs amont" ont un Δ P1 moyen égal à 17,2 pulsations/mn, 11% des séquences de travail déterminant un Δ P1 supérieur ou égal à 30 pulsations/mn. Or, le temps passé par les "nicheurs amont" à l'accomplissement d'opérations par nature pénibles était strictement égal à celui qu'y passaient les "nicheurs aval". L'étude de tableaux rejettent l'âge comme facteur explicatif et fait retenir les conditions propres au chantier qui sont plus défavorables à l'aval qu'à l'amont. Cela est vrai pour les conditions climatiques. Cela est vrai aussi au niveau de l'aire du travail, l'exiguité du chantier aval paraissant entraîner des postures de travail incommodes et, par moment, des modes opératoires coûteux, tel l'usage de la houe pour tirer horizontalement le charbon abattu vers le blindé de base. Pour être complet, d'autres facteurs explicatifs peuvent être avancés : la cadence de travail plus élevée à l'aval qu'à l'amont; en fait, la durée du temps passé à l'exécution des opérations par nature "pénibles" est presque identique à l'amont et à l'aval. La structure du travail, différente à l'aval et à l'amont; en fait la durée des tâches pénibles est à peu près identique en valeur absolue pour les deux chantiers et si, à l'aval, la phase centrale active est plus courte, on n'en tiendra pas compte pour remettre en question la représentativité des séquences de travail prises en compte dans nos données.

- "Déplaceurs de piles" : avec un pourcentage de 9% des séquences de travail entraînant un Δ P1 supérieur ou égal à 30 pulsations/mn, la fonction "déplaceurs de piles" est la dernière pour laquelle on peut considérer que des efforts importants ne sont pas exceptionnels. La moyenne obtenue pour Δ P1, 14,8 pulsations/mn, situe cependant cette fonction à un pallier inférieur à celui commun aux précédents.

- "Suiveurs de câbles" : ces ouvriers ne présentent de Δ P1 supérieur ou égal à 30 pulsations/mn qu'après 4% des séquences de travail prises en compte. Le pourcentage des séquences de travail entraînant un Δ P1 supérieur ou égal à 20 pulsations/mn est de 25% et la moyenne des Δ P1 s'établit à 13,9 pulsations/mn.

- "Boiseurs amont" : ils se situent au bas de l'échelle de pénibilité. Deux seulement des séquences de travail prises en compte entraînent un Δ P1 supérieur ou égal à 30 pulsations/mn et 11% un Δ P1 supérieur ou égal

.../...

à 20 pulsations/mn, la valeur moyenne de Δ P1 s'établissant à 12,4 pulsations/mn. On pouvait s'attendre à un niveau de pénibilité plus élevé, mais certains facteurs minorent la pénibilité de ces opérations. En premier lieu, un rythme de travail moins soutenu que celui adopté dans les autres fonctions, en second lieu une ambiance thermique plus clémente que celle qui règne à l'aval.

- "Haveurs" : ils se situent au plus bas de l'échelle de pénibilité physique des fonctions, avec une valeur moyenne de Δ P1 égal à 8,7 pulsations/mn. 55% des séquences de travail se concluent par un Δ P1 inférieur à 10 pulsations/mn et une seule sur 44 correspond à un Δ P1 supérieur à 30 pulsations/mn (ce qui est sans valeur). On peut s'interroger sur le fait que 18% des séquences sont suivis d'un Δ P1 supérieur ou égal à 20 pulsations/mn sans attacher trop d'importance à la valeur absolue de ce chiffre (obtenu à partir d'un nombre total de mesures de 44 seulement); il n'en reflète pas moins l'existence d'accélérations cardiaques non négligeables; or, il n'a, a priori, pas été recensé d'opérations, par nature pénibles, parmi celles exécutées par les haveurs. Nous devons penser évidemment aux efforts posturaux, mis en jeu lors de la conduite de la haveuse, mais d'autres facteurs individuels, psycho-moteurs, peuvent aussi être envisagés.

3°) Pénibilité journalière

Si la connaissance d'ensemble de la pénibilité d'une fonction est un acquis important, celle de la pénibilité journalière du travail n'en est pas moins souhaitable. Il n'est pas indifférent en effet que les 10% d'efforts importants mis en évidence pour telle ou telle fonction se répartissent régulièrement tous les jours, représentant 10% des efforts journaliers ou que, situation extrême, ils représentent 100% d'une journée de travail sur 10.

La façon de faire apparaître la pénibilité physique du travail à l'échelle de la journée paraît assez facile puisque notre unité d'observation était l'homme-poste. Il suffit de regrouper les données physiologiques sur la base de cette unité et l'étude des différentes distributions des valeurs obtenues pour Δ P1 (chacune étant relative à une journée) permettra de répondre à la question posée, par l'emploi des critères simples déjà utilisés à l'échelle de la fonction : valeur moyenne de Δ P1, pourcentage des Δ P1 dépassant tel ou tel seuil.

En résumé, malgré ses imperfections, l'indice journalier utilisé (moyenne des Δ P1 dans l'unité homme-poste) peut être considéré comme fortement influencé par la pénibilité globale de chaque journée de travail. Même en faisant

.../...

des réserves sur certaines valeurs extrêmes de cet indice, on doit conclure que ses variations importantes sont bien un reflet objectif de variations importantes de la pénibilité journalière du travail des exécutants.

Ce fait attendu pour des journées de travail effectuées dans le cadre de fonctions que nous avons déjà situées à des niveaux de pénibilité différents se retrouvent au sein de chacune des fonctions étudiées. On assiste ainsi à des recouvrements de pénibilité entre journées effectuées dans les diverses fonctions, mais il faut noter que les valeurs les plus élevées (moyennes journalières des Δ P1 supérieures ou égales à 20 pulsations/mn) restent le propre des fonctions estimées globalement les plus pénibles.

La pénibilité journalière apparaît fortement liée au temps passé chaque jour aux travaux musculaires connus pour être lourds par nature (chargement amuel, boisage par étançons métalliques, manutention de matériel pesant). Ce fait, mis en évidence au sein de la plupart des fonctions, peut être interprété comme indiquant que l'allongement du temps passé à ces travaux ne correspond pas en règle générale à un ralentissement notable de la cadence de travail, mais bien à une augmentation de quantité de travail physique à fournir.

4°) <u>Pénibilité due aux excès de charge globale de travail ou de charge thermique - Vitesse de récupération cardiaque</u>

a) méthode d'étude :

Au premier chapitre, nous avons passé en revue théoriquement tous les facteurs qui peuvent influencer la forme de la courbe de récupération cardiaque et, parmi eux, nous avons cité la charge globale de travail et la charge thermique.

Le caractère excessif de ces deux types de charge se caractérise par un ralentissement de la vitesse de récupération cardiaque. Pour un même pouls de récupération de première minute (P1) un sujet subissant une surcharge liée à la quantité de travail fournie ou aux conditions climatiques défavorables subies aura un pouls de récupération de troisième minute (P3) plus élevé qu'un autre sujet non affecté d'une telle surcharge.

Au niveau des variables Δ P déjà définies commes les différences des divers pouls de récupération au pouls de repos, l'existence des surcharges citées se traduira par des Δ P3 plus élevés pour de mêmes Δ P1, c'est-à-dire par une minoration de la différence Δ P1 - Δ P3, différence égale à (P1 - P3) qui exprime le nombre de pulsations dont a baissé le pouls au cours des 2 minutes qui séparent le premier et le troisième comptages de pouls d'un même contrôle cardiaque.

.../...

Les données recueillies au fond nous permettaient, pour chaque contrôle de pouls, d'établir la valeur de Δ P1 - Δ P3. Nous désignerons par la suite cette différence par le terme "récupération sur 2 mn" et nous la symboliserons par R2.

Par l'étude de R2, variable, nous pouvons espérer mettre en évidence certaines fonctions ou certains lieux de travail où des surcharges du type indiqué se manifesteraient, les R2 relatifs à ces fonctions ou à ces lieux étant alors anormalement faibles.

Nous connaissons maintenant le travail en taille et nous ne rechercherons la réalité des surcharges que là où elle ont le plus de chances de se produire, c'est-à-dire chez lez "nicheurs d'aval" et les "boiseurs d'aval", ces deux fonctions se classant en tête sur l'échelle de la pénibilité.

Une précaution est à prendre. En effet, R2 dépend du niveau du Δ P1 qui a servi à l'établir. Plus le pouls de début de récupération est écarté de sa valeur de repos, plus la fréquence cardiaque a tendance à diminuer rapidement (au moins dans les deux premières minutes), ce qui entraîne des valeurs plus élevées pour R2. Il ne faut comparer entre elles que des R2 calculées à partir de Δ P1 du même ordre.

Nous avons choisi de regrouper les R2 relatifs à des Δ P1 situés dans des intervalles de classe de 10 pulsations/mn. Ainsi, pour chaque fonction, tous les R2 calculés à partir des Δ P1 compris dans l'intervalle 20-29 pulsations/mn ont été pris en considération.

b) Résultats :

Pour chaque intervalle, nous donnons la moyenne des Δ P1 par fonction. Les cases retenues sont celles dont l'effectif est égal ou supérieur à 3.

Récupération sur 2 minutes	20 ≤ P1 ≤ 29			30 ≤ P1 ≤ 39			40 ≤ P1 ≤ 49			50 ≤ R ≤ 59	
	N	Moyenne de		N	Moyenne de		N	Moyenne de		N	Moyenne
		Δ P1	R2		Δ P1	R2		Δ P1	R2		Δ P1
Haveurs	7	23	7,1								
Boiseurs amont	9	24	7,3								
Suiveurs de câbles	15	24	6,1	3	32	6,3					
Déplaceurs de piles	25	24	6,4	9	33	8,2					
Nicheurs amont	15	24	6,8	6	34	10,5					
Boiseurs aval	22	24	7,7	11	34	10,9	3	43	14,7		
Nicheurs aval	12	25	9,7	9	35	10,5	8	44	15,5	11	53

A l'examen du tableau, trois constatations peuvent être faites :

- Pour les deux colonnes où la comparaison entre fonctions est possible, les valeurs moyennes de R2 relatives aux fonctions de "boiseurs aval" et de"nicheurs aval" ne se situent pas au-dessous de celles des autres fonctions.

L'hypothèse de surcharges physiologiques majeures ne peut donc être confirmée pour les fonctions les plus exposées, puisque la vitesse de récupération cardiaque des ouvriers affectés à ces fonctions n'apparaît pas altérée.

Nous avons pensé que les manifestations de surcharge pouvaient se produire plutôt au cours de la deuxième partie du poste, par effet cumulatif. Nous avons introduit dans nos données la dichotomie avant casse-croûte - après casse-croûte. Aucune tendance ne se dégage à travers les variations aléatoires des moyennes.

"Nicheurs aval" :

	Classe de Δ P1	20-29	30-39	40-49	50-59
ne	Avant casse-croûte	12,3	8,3	18,4	27,6
	Après casse-croûte	7	14,7	10,0	25,7

Nous pouvons donc reprendre notre affirmation initiale: aucune confirmation de l'existence de surcharges physiologiques moyennes dues à la chaleur ou à une charge globale de travail excessive n'a pu être obtenue à partir des données recueillies.

On ne peut cependant pas écarter au moins pour les "nicheurs aval" l'hypothèse que l'âge et la sélection de nos sujets a pu exercer une influence sur ce résultat.

- La deuxième constatation à faire sur le tableau est la force avec laquelle s'affirme la relation R2 = fonction croissante de Δ P1. Au niveau des moyennes, elle n'est jamais prise en défaut dans nos données.

L'élévation de pouls résiduel Δ P3 est d'autant plus élevée que Δ P1 était plus important.

Les conséquences pratiques de ce fait sont illustrées par exemple en prenant un ouvrier qui aura à accomplir deux types d'efforts :

.../...

l'un correspondant à un Δ P1 de 53 pulsations/minutes
l'autre " " " 24 " "

Calcul des différentes élévations de pouls résiduelles
Δ P3 = Δ P1 - R2 (tableau)

Pouls Δ P1 moyen égal à	24	34	43	53	74
On obtient Δ P3 moyen égal à	17	24	27	31	35

Dans l'exemple choisi, on voit que, dans l'effort du 1er type, l'ouvrier aura au bout de 2 mn d'arrêt un pouls supérieur à 31 pulsations/minutes au pouls de repos, au bout de 2 minutes de plus, un pouls encore majoré de 24 pulsations et qu'il faudra encore attendre 2 minutes pour que son pouls atteigne une valeur s'écartant de moins de 20 pulsations de sa valeur repos (ce calcul est évidemment très schématique).

Dans le cas de l'effort limité, une valeur de pouls analogue aurait été atteinte au bout de 2 minutes seulement.

On retrouve le phénomène commun d'un allongement du temps de récupération plus que proportionnel à l'accroissement initial du pouls.

Il paraîtrait logique de trouver chez les ouvriers accomplissant habituellement des efforts intenses des temps de repos en cours de travail plus élevés que chez les autres. Or, il n'en est rien. La logique physiologique n'est pas seule à structurer les comportements réels du travail. Bien sûr, ceci suppose un homme adapté sur le plan physique et non placé aux limites de ses possibilités physiques. En pareil cas, le problème serait autre et il serait totalement dépendant.

Remarque : Cet exemple permet aussi de mieux comprendre pourquoi le pouls de récupération a été étudié sur 3 minutes seulement et non sur la durée totale de récupération cardiaque.

- Dernière constatation : A l'examen des valeurs de R2 figurant dans le tableau, on note des décélérations cardiaques peu élevées (7 à 10 pulsations en 2 minutes) après des efforts ayant entraîné des Δ P1 compris dans les classes 20-29, 30-39.

BROUHA avait donné des ordres de grandeur de récupérations normales situés à 20 pulsations en 2 minutes - soit le double.

.../...

L'explication, tout d'abord, c'est la posture de repos. Les sujets de BROUHA étaient assis, les nôtres debout, donc dans des conditions moins favorables. Mais ce facteur n'est pas suffisant.

Nous rappelons notre deuxième chapitre où 9 des sujets : ouvriers en taille, ont été examinés en laboratoire. Ils ont accompli des travaux d'intensités diverses sur bicyclette ergométrique et nous avons relevé sur eux les mêmes variables physiologiques que celles relevées en taille.

Tableau : Comparaison sur les valeurs de R2 obtenues après des séquences de travail ayant entraîné un ΔP1 de la classe 20-29 pulsations/minute

20 $\leq \Delta$ P1 $\leq$ 29	Nature du Travail	N	Moyenne de Δ P1	R2	
				Moyenne	Ecart-type
Laboratoire	Bicyclette ergométrique	24	23	14,0	4,9
Fond - Taille	Tous travaux	105	24	7,2	5,4

Pour des séquences de travail ayant entraîné des ΔP1 de même ordre, on trouve donc dans les conditions du laboratoire des vitesses de récupération R2 en moyenne doubles de celles trouvées dans les conditions de la taille.

Le fait mis en évidence peut s'interpréter comme résultat de facteurs physiques dont l'action sur la fréquence cardiaque est bien connue : sole inégale rendant la posture debout plus coûteuse au fond qu'au jour, conditions climatiques plus dures en taille.

D'autres facteurs : le bruit en tant que tel, en tant que stimulus de travail, les signaux visuels et auditifs rappelant à l'exécutant qu'il est en situation de travail, bref un ensemble de facteurs psychologiques et psychophysiologiques qui ne se manifestent pas ou très peu dans la situation de laboratoire, d'où la difficulté de transposer des résultats acquis à ce niveau, à deux situations de travail réel.

.../...

CONCLUSIONS

I - De très nombreux travaux, physiologiques, biochimiques, histologiques, cliniques, psychologiques, ont été consacrés au problème de la fatigue. Sensation subjective avant tout, on a cherché à définir la fatigue et l'on a été amené à considérer qu'il n'y avait pas une, mais des formes de fatigue : des fatigues concrètes et des fatigues subjectives des fatigues musculaires, nerveuses, sensorielles, psychiques. Cette pluralité rendait d'autant plus difficile un dépistage et une mesure de la fatigue, en une époque où précisément le développement et l'orientation de l'industrie sous toutes ses formes rendaient nécessaires en médecine du travail des méthodes de diagnostic et de prévention de la fatigue et du surmenage professionnels.

II - Nous avons donc procédé à une mise au point aussi complète que possible du problème de la fatigue sous ses multiples aspects, sans perdre de vue l'optique propre à la médecine du travail.

III - Etant donné la pluralité des fatigues, la complexité de ce qu'il faut bien appeler un syndrome aussi bien subjectif qu'objectif, en fait relevant de la psychosomatique, les méthodes de dépistage et d'estimation sont elles aussi nombreuses et variées :

estimation clinique, à ne pas perdre de vue,
tests énergétiques, tests physiologiques, tests sensoriels, tests psychotechniques, tests psychologiques, tests chimiques enfin.

Que conclure de cette analyse des tests utilisables sur le plan scientifique et sur le plan pratique.? Comme nous l'avons vu, les résultats sont insuffisants et bien décevants, car aucune certitude n'est acquise, quelle que soit la méthode employée. Les tests ne sont que des reflets des modifications survenues à l'occasion du travail sur un organisme complexe. C'est un individu et non un moteur et l'on doit compter avec sa volonté; il s'autorégule et "il n'est rien d'autre que ce qu'il se fait".

Donc, ces tests utiles au chercheur de laboratoire pour dégager des données de base ne sont pas utilisables sur le plan pratique. On doit utiliser une batterie de tests pour tenter une approximation des composantes du syndrome fatigue. En sachant qu'en expérimentation le travail exécuté est poussé à la limite de l'endurance, ce qui n'est pas et ne doit pas être dans la vie industrielle quotidienne.

.../...

IV - Dans cette partie relatant une analyse de la charge physique sur le terrain par l'intermédiaire de la fréquence cardiaque de récupération, on a pu constater que ce procédé était certes valable, mais tellement conditionné par des causes de variabilité que les résultats obtenus n'étaient qu'approximatifs. Cette évaluation de la pénibilité physique d'un emploi pouvait permettre dans une certaine mesure une amélioration des conditions de travail.

Mais ce qu'il ne faut pas oublier, c'est que le TRAVAIL ne peut être isolé de la VIE. Et si la fatigue physique existe et s'analyse plus ou moins bien, il est une autre fatigue qui échappe à toute mesure : la fatigue mentale "fatigue de la civilisation" qui traduit une inadaptation de l'homme non seulement à son travail, mais à sa vie.

Il faut donc trouver des moyens d'adaptation indispensables à la santé de tous, donc à l'équilibre de la NATION tout entière. Et c'est pourquoi le problème de la FATIGUE reste à être résolu et c'est là une nécessité économique certes, mais un devoir humain impératif.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE :

Etude Physiopathologique de la Fatigue

DEUXIEME PARTIE :

Les Tests d'Appréciation de la Fatigue

TROISIEME PARTIE :

Travaux récents effectués en milieu minier :

Etude physiologique de la pénibilité physique du travail

CONCLUSIONS

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

AERNI K. Die Ermüdung des Maschinenarbeiters. Ihre Ursachen und ihre Bekämpfung
P.K. Keller éd. Winterthour 1959 140 pp

ALBEAUX-FERNET M. Excitabilité neuromusculaire en clinique
BUGARD P. Variations hormonales et métaboliques. Applica-
ROMANI tions à la fatigue
J.D. Presse Méd. 12 janv. 1957 65 p. 61-64

ALBEAUX-FERNET M. Les fatigués
Consultations Journalières en endocrinologie
Masson éd. Paris 1961 p 27-36

ALEXANDER F.A. Psychosomatic study of hypoglycaemic fatigue
PORTIS S.A. Psychosomat. Med. juillet 1944 6 p 191

BARON J.B. L'utilisation de l'appareil oculaire comme
BESSINETON détecteur des fatigues et des troubles de
J.C. l'équilibre
DUBOIS G. Arch. Mal. Prof. août 1961 22 p 447-452
DUFLO G.
KAHN J.
THIEFFRY P.

BECKER H. La réaction de Donaggio appliquée à l'étude de la fatigue musculaire
Thèse de Bordeaux 1947

BERTAGNA L. Les aspects psychiatriques de la fatigue
Revue Praticien 11 juillet 1962 12 p 2239-2248

BETOURNE C. Conduite générale de l'examen et diagnostic
HAYEM F. d'une fatigue (causes organiques)
Revue Praticien 11 juillet 1962 12 p 2199-2208

BINET L. Oxygène et fatigue musculaire. L'action défati-
BARGETON D. gante de l'oxygène
LAROCHE Cl. Presse Méd. 13 avril 1946 54 p 230-232

CAMBIER J. La fatigue musculaire pathologique
MASSON M. Revue Praticien 11 juillet 1962 12 p 2217-2224

CHAMBERS E.G. Industrial fatigue
Occupational Psychology janv-avril 1961
35 p 44-57

.../...

CHAUCHARD B.
CHAUCHARD P. Nouvelles recherches sur la métachronose de fatigue
C.R. Soc. Biol. 22 juin 1946

CHAUCHARD P. La fatigue
Presses Univ. Fr. Paris 1956 128 pp

COIRAULT R.
THIEBAULT J.
GUIOT G.
FARAND H.
BRAULT H. Contraction musculaire et contrôle médico-sportif
Essai d'interprétation du mécanisme de l'entraînement et de la fatigue. Contrôle et traitement
Presse Méd. 31 oct. 1956 64 p 1794-1797

COPPEE M. La fatigue industrielle
Revue Pathol. gén. physiol. clin. mars 1960 60 p 443-450

COUPIN J. A propos de la fatigue
Presse Méd. 9 oct. 1957 65 p 1625

DERVILLEE P.
VERBEZIER de J. La fatigue paradoxale, symptôme d'alarme pour la réadaptation au travail
Soc. Méd. Travail Bordeaux 29 juin 1954

DERVILLEE P.
GUIBERT M.
L'HOIRY Considérations d'ordre physiopathologique sur la sensation de fatigue
Soc. Méd. Travail Bordeaux 21 déc. 1954

DESOILLE H. Influence des conditions de travail et notamment de la fatigue sur la santé
Arch. Méd. Chir. Normandie avril 1960 51 p 283-299

DONAGGIO A. Revue Neurol. 1933 2 p 155-165

FABRE R.
ROUGIER G. Fatigue musculaire et réaction de Donaggio
66° Congrès Assoc. Fr. Av. Sciences sept 1947

FALET R.
MASES P.
JACQUEMIN Ch. A propos du test de Donaggio comme moyen d'exploration de la fatigue de l'aviateur
Médecine Aéronautique 1959 p 5-13

FELETIN R. Un examen facile pour apprécier la résistance à la fatigue
Pr. Méd. 27 juillet 1957 65 p 1340

BONNARDEL R.
JAGUES S. Le travail humain II 1948 p 222-270

.../...

BOURGUIGNON G.
BOURLIERE F.
BOURGUIGNON A.
La fatigabilité musculaire des sujets normaux de plus de 50 ans
Assoc. Fr. Biol. Méd. Biologie du Vieillard Paris 5 avril 1954

BROUHA L.
BALL V.
Research on industrial fatigue
Rev. Canada Biol. 1948 7 p 479-483

BROWN I.D.
Measurement of fatigue in abnormal physical environments in
DAVIS C.N. et P.R. TYRER F.H. 8° 1967 p 168-178

BUGARD P.
ROMANI J.D.
BLUM C.
ALBEAUX FERNET M.
Essai d'interprétation endocrinologique de la réaction de Donaggio
Ann. Endocrinol. 1954 15 p 672-683

BUGARD P.
Les difficultés du problème de la fatigue
Revue Path. gén. physiol. clin. mars 1960 60 p 337-346

BUGARD P.
La fatigue. Physiologie. Psychologie et médecine sociale
Masson éd. Paris 1960 307 pp

BUGARD P.
Aspects psychosomatiques de la fatigue du personnel volant de l'aviation civile
Revue Méd. Psychosomat. 1961 3 p 17-33

BUGARD P.
Etude hormonale de la fatigue. Applications à la médecine du travail et au sport
Arch. mal. prof. août 1961 22 p 471-482

BUGARD P.
HENRY M.
Quelques aspects de la fatigue dans l'aviation de transport
Presse Méd. 21 oct 1961 69 p 1903-1906

BUGARD P.
Les états fonctionnels de fatigue
Revue Praticien 11 juillet 1962 12 p 2225-2238

BUGARD P.
L'usure par l'existence. Bruit, rythme de la vie, automation, ergonomie
Paris 1964 Passon éd.

CAZAMIAN P.
Ergonomie et médecine du travail

FAURE G.
Pénibilité physique du travail dans une taille à soutènement marchant (C.E.R.E.M. juin 1970)

.../...

FLOYD W.F.
WELFORD A.T. Symposium on fatigue
Lewis ed. Londres 1953 1 vol. 196 pp

GILLON J.J. Contribution à l'étude de la fatigue dans le travail manuel
Soc. Méd. Hyg. Travail 16 juillet 1951

GRANDJEAN E. Ermüdungsmessungen bei Telephonistinnen während der Nachtarbeit
Ztschr. Prävent. Med. Suisse mai juin 1960 5 p 143-152

HARMS H.E.
SONIAT T.L.L. The meaning of fatigue
Med. Clin. North America mars 1952

HIRVONEN Observations concernant le surmenage éventuel dans le travail du personnel de locomotives, des chefs de train et contrôleurs de route, ainsi que des agents de train
Union Intern. Serv. Méd. Chemins de Fer juin 1960 pp 117-140

JAULMES Ch. La fatigue
Encyclop. Méd. Chir. 4 1951 16.504 ABC

LABORIT H. Fatigue, fatigabilité et maladie
Revue du Praticien 11 juillet 1962 12 pp 2183-2192

MELKA J.
PEREGRIN J.
SKRANA O.
SIMEK J. Essai d'évaluation de la fatigue lors d'un travail physique pénible
Pracovini Lekn. Tcheco-Slov. juin 1962 19 p 231-235

MENIEL M. Etude médico-sociale de la fatigue professionnelle. Dépistage. Prévention
Thèse de Strasbourg 1957

MICHAUD G.
POTTIER M. La notion de fatigue au cours de la conduite
Ann. Méd. Accidents et Trafic Paris 4° trim. 1966 p 17-25

MOSINGER M.
de BISSCHOP G. Sur le problème de la fatigue
Arch. mal. prof. août 1961 22 p 452-467

MOYNIER R.
PLUVEN J.
GUIOT G. Etude de la fatigue par la mesure de l'excitabilité électrique neuromusculaire
Presse Méd. 13 juin 1956 64 p 1083-1086

MOYNIER R. Le travail et la fatigue
Travail et Sécurité janv. 1958 1 p 2-13

.../...

OLSEN O.
BRICE R.
La fréquence critique de fusion du scintillement. Recherches concernant sa valeur en tant que test de fatigue
Méd. Aéronaut. 4° trim. 1955 10 p 499-506

PLICHET A.
Une enquête sur la fatigue à bord des jets
Presse Méd. 20 avril 1961 69 p 1104
6 juill 1963 71 p 1665

PORTIS S.A.
A mechanism of fatigue in neuropsychatric patients
Journ. Am. Med. Assoc. 20 février 1943 131 p 569

PRESTON F.S.
Measurement of pilot fatigue
Occupational Medicin avril 1967 17 p 52-56

RIVOIRE R.
RIVOIRE J.
POUJOL M.J.
La fatigue, syndrome d'insuffisance surrénale fonctionnelle
Presse Méd. 4 nov. 1953 61 p 1431-1433

SARTIN P.
La fatigue industrielle. Comment humaniser le travail
Paris 1960 238 pp Sadep éd.

SERAFINI U.
L'urticaire par fatigue. Contribution clinique et pathogénique
Policlin. sez. prat. 6 oct. 1947 54 pp 1055-1064

SIVADON P.
Les névroses du travail
Journ. Nat. Et. Méd. Travail 20 mai 1955

SOULA C.
SCHERRER J.
MOYNIER R.
BOURGUIGNON C. et A.
MONOD H.
Aspects musculaires, sensoriels, psychologiques et sociaux de la fatigue
Arch. Mal. Prof. août 1961 22 pp 419-445

TAYEAU F.
Le phénomène d'obstacle de Donaggio, test de la fatigue
Tunisie Méd. août 1951 et
Journ. Méd. Bordeaux oct. 1954 131

TOUTAIN J.
La fatigue d'un pilote de voiture au cours d'une tentative de record de durée
Presse Méd. 27 juillet 1957 65 pp 1349-1350

.../...

VANBERKEL M. Essai sur la fatigue concrète
Cahiers Méd. Interprofessionnelle
janv. 1966 n° 21 p 5-28

Contribution à l'étude de la fatigue chez les jeunes. Son dépistage au cours de l'adaptation au travail
Cahiers Méd. Interprofessionnelle oct. 1964
p 17-25